

05.23.08 ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Алгоритм расчета полных и удельных энергозатрат на строительной площадке при возведении крупнопанельных зданий

УДК 624.05+658.262

Король Е.А.

Д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой жилищно-коммунального комплекса, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Москва); e-mail: professorskorol@mail.ru

Дудина А.Г.

Аспирант кафедры жилищно-коммунального комплекса, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (г. Москва); e-mail: dudinaanna945@gmail.com

Король Р.А.

Канд. экон. наук (ООО «РОЛСТРОЙ»)

Статья получена: 01.11.2020. Рассмотрена: 04.11.2020. Одобрена: 25.11.2020. Опубликовано онлайн: 30.12.2020. ©РИОР

Аннотация. Рассмотрены понятия полных и удельных энергозатрат при возведении крупнопанельных зданий. С учетом объемно-планировочных, конструктивных, организационно-технологических и материально-технических аспектов строительства сформирован общий алгоритм расчета полных и удельных энергозатрат на строительной площадке при возведении крупнопанельных зданий и рассчитаны величины полных и удельных энергозатрат для объекта-представителя.

Ключевые слова: крупнопанельное домостроение, энергопотребление, энергозатраты, полные и удельные энергозатраты, строительная площадка.

Введение

Роль энергосбережения в строительной отрасли нацелена на разработку и формирование комплексной модели организации энергоэффективного строительства на всех этапах жизненного цикла объекта, которая будет базироваться на определении расхода топливно-энергетических ресурсов (далее — ТЭР) при строительстве и последовательном анализе и учете факторов, влияющих на потребление топливно-энергетических ресурсов.

Наибольший резерв сокращения расхода энергоресурсов заложен в жилищном секторе и коммунальном хозяйстве. На этапе эксплуа-

ALGORITHM FOR CALCULATING THE TOTAL AND SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION AT A CONSTRUCTION SITE DURING THE CONSTRUCTION OF LARGE-PANEL BUILDINGS

Korol' E.A.

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Housing and Communal Services, State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow; e-mail: professorskorol@mail.ru

Dudina A.G.

Postgraduate Student, Department of Housing and Communal Services, State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow; e-mail: dudinaanna945@gmail.com

Korol' R.A.

Candidate of Economical Sciences, ROLSTROY LLC

Manuscript received: 01.11.2020. **Revised:** 04.11.2020. **Accepted:** 25.11.2020. **Published online:** 30.12.2020. ©RIOR

Abstract. The concepts of total and specific energy consumption in the construction of large-panel buildings are reviewed. Taking into account the volumetric planning, structural, organizational, technological and material and technical aspects of construction, a general algorithm for calculating the total and specific energy consumption at the construction site during the construction of large-panel buildings was formed and the values of the total and specific energy consumption for the representative object were calculated.

Keywords: large-panel housing construction, energy consumption, energy consumption, total and specific energy consumption, construction site.

тации здания расходуют от 80 до 90% [1] энергии из расчета расхода ТЭР на весь жизненный цикл объекта, следовательно, оставшаяся часть расхода ТЭР приходится на этап строительства и сноса. С учетом увеличения объемов жилищного строительства процент потребления энергоресурсов будет только увеличиваться, в связи с чем актуализируется применение энергосберегающих технологий и строительства на всех этапах жизненного цикла здания.

Методы энергосбережения и повышения энергетической эффективности в жилищном строительстве в настоящий момент в нашей стране недостаточно проработаны и ограничены. [2] Основная часть методов энергосбережения связана с архитектурными и проектными решениями, направленными на сокращение расходов топливно-энергетических ресурсов на этапе эксплуатации многоэтажных жилых домов за счет учета и регулирования энергопотребления с помощью приборов учета, увеличения сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций, о чем свидетельствует ряд научных публикаций [3–5] по данной теме. При этом этап строительства и производства строительного производства работ с точки зрения энергетической эффективности и проведения энергосберегающих мероприятий на строительной площадке, в отличие от этапа эксплуатации, нормативно-технически не установлен и не закреплен. В связи с этим переход строительного производства на энергоэффективное направление должен быть сопряжен с изменениями в нормативно-правовой и нормативно-технической базе строительства, а также изменениями методологических основ организации и технологии строительного производства.

Основным нормативно-техническим документом в области организационно-технологического проектирования, устанавливающий порядок возведения гражданских и промышленных зданий и сооружений, является СП 48.13330. Процесс организации строительного производства до 2020 г., регулирующийся основным документом СП 48.13330.2011 (актуализированный СНиП 12-01-2004 «Организация строительства»), не был ориентирован на энергосбережение и повышение энергетической эффективности на этапе строительства. Однако вступивший в силу 25 июня 2020 г. новый ак-

туализированный СП 48.13330.2019 разработан с учетом обеспечения соблюдения основных требований Федерального закона № 261-ФЗ. Анализируя новый свод правил можно выделить следующие пункты касательно регулирования потребления ТЭР на строительной площадке [6]:

- соответствие выполненных работ требованиям в отношении энергетической эффективности, подтверждаемых исполнительной документацией (п. 4.23), в том числе содержание в проекте производства работ информации о потребности в энергоресурсах (п. 6.14);
- применение организационно-технологических решений, направленных на исключение нерационального расхода топливных, энергетических ресурсов (п. 5.22);
- регулирование расхода тепловой энергии в бытовых городках строителей, в мобильных (инвентарных) зданиях и сооружениях в отопительный сезон с целью сбережения (п. 7.37);
- планирование ресурсораспределения с целью рационального пользования ресурсом с применением установленных методов оптимизации планов работ (п. 8.12).

Можно сделать вывод, что в настоящий момент нормативная система имеет предпосылки к развитию энергосбережению и повышению энергетической эффективности в период производства строительного производства работ благодаря принятому СП 48.13330.2019.

С научной точки зрения ранее вопросы энергосбережения на строительной площадке при возведении зданий были рассмотрены в научных работах [7–9], отражающих следующие моменты: основные принципы и подходы к энергосбережению и оценке энергоэффективности для монолитного домостроения, анализ различных энергопотребителей на площадке, их классификация и ранжирование при монолитном строительстве, влияние сезонности, климатических условий и численности рабочих на энергопотребление строительной площадки. Также в научных работах [10–13] затрагивались вопросы определения расхода энергоресурсов на строительной площадке при монолитном строительстве, а также мониторинга расхода ТЭР в строительном производстве и определение полной энергоемкости жизненного цикла зданий

как элемента процессного подхода к моделированию жизненного цикла энергоэффективных зданий. Однако данные работы не многочисленны и проблематика данных работ не затрагивала определение расхода энергоресурсов на строительной площадке при возведении крупнопанельном здании, что актуализирует исследования в области энергосбережения на строительной площадке при возведении крупнопанельных зданий.

Крупнопанельное домостроение выступает основой в формировании жилищного фонда страны, начиная с 1960 г. Согласно распределению числа многократных жилых домов по материалу стен в 2018 г. на панельные дома приходится 294 639 многоквартирных жилых дома, уступая только кирпичным (954 118 многоквартирных жилых домов) и деревянным (987 344 многоквартирных жилых дома) [14]. По данным аналитического обзора, подготовленного ООО «Институт развития строительной отрасли» г. Москва [15], на февраль 2020 г. текущий объем строительства жилья по Российской Федерации составляет 121 263 602 кв. м, при этом основной объем строительства на Москву и Московскую область — 14,7% и 11,1% совокупной площади жилых единиц соответственно.

К основным технологическим и организационным особенностям крупнопанельного метода строительства [16; 17] можно отнести следующее:

- повышенная скорость сборки зданий за счет круглогодичного производства монтажных работ, как следствие, сокращение сроков строительства;
- варьирование площади строительной площадки за счет работы «с колес», т.е. строительные элементы привозятся от производителя и сразу монтируются на объект;
- высокая производительность труда;
- минимальное количество строительных машин и механизмов для монтажа сборных конструкций (башенный кран, экскаватор, бульдозер);
- максимальная совмещенность строительного процесса по монтажу сборных конструкций с внутренними общестроительными и специальными работами, в том числе монтаж лифтов и отделочные работы;
- ведущим процессом, задающим ритм и темп строительного производства, выступает монтаж сборных конструкций.

Еще одной особенностью крупнопанельного строительства можно выделить необходимость обеспечения строительной площадки серьезной топливно-энергетической базой для работы кранового оборудования высокой мощности для установки панелей массой на проектную высоту. С другой стороны, панельная технология домостроения позволяет проводить значительную часть строительного-монтажных работ в холодный период времени, что дает возможность не прерывать процесс строительного производства или применять особо энергоемкие технологии строительного производства, как прогрев бетона при монолитном строительстве, зависящие от погодных условий.

Таким образом, строительство крупнопанельных многоквартирных жилых домов представляет собой материально-, ресурсо- и энергоемкий процесс, тем самым в условиях интенсивного развития городов проблема энергосбережения и рационального использования топливно-энергетических ресурсов на строительной площадке становится более востребованной. Первостепенной основой для разработки и применения энергосберегающих мероприятий на строительной площадке будет являться изучение системы энергоснабжения строительной площадки при возведении крупнопанельных зданий, а именно, проведение анализа структуры и определения расхода энергозатрат на строительной площадке при возведении объекта и в целом установления уровня энергоемкости строительства.

Постановка задачи

Энергоемкость любого технологического процесса или производства, в том числе строительного, представляет собой общую величину расхода все видов топливно-энергетических ресурсов (электроэнергии и других различных видов топлива) на производство единицы продукции (здания) в соответствии с принятыми организационно-технологическими решениями, определенная в условных энергетических единицах (кг у.т.).

При возведении крупнопанельных зданий энергоемкость строительного производства характеризуется и устанавливается через полные и удельные энергозатраты на строительной площадке. Таким образом, расчет полных удельных

затрат при возведении объекта будет выступать основой для энергоэффективного организационно-технологического проектирования строительного процесса.

Для проведения исследования и формирования алгоритма расчета полных и удельных энергозатрат был рассмотрен процесс возведения объекта-представителя: современного 12-этажного 6-секционного крупнопанельного многоквартирного жилого дома. Общая площадь объекта составляет 19 286,5 м², строительный объем объекта — 68 472,3 м³.

На начальном этапе по структуре энергозатраты на строительной площадке были систематизированы и разделены на основные, участвующие в процессе строительства с использованием объектов механизации, и на вспомогательные, обеспечивающие функционирование временной инфраструктуры строительной площадки.

Формирование основных энергозатрат любого уровня осуществлялось «снизу вверх»: от одной единицы механизации строительного-монтажного процесса до совокупности основных видов строительного-монтажных работ, от технологической операции к производственному процессу.

Обобщенный процесс формирования структуры основных энергозатрат по основным видам строительного-монтажных работ (E_i) при возведении крупнопанельного здания представлен на схеме (рис. 1), на которой: M_{kn} — энергозатраты n -ой единицы механизации k -ого строительного-монтажного процесса (технологической операции) — энергопотребитель на строительной площадке; e_{ik} — структура энергозатрат на производство k -ого строительного-монтажного процесса (технологической операции); E_i — структура энергозатрат i -ой совокупности работ основного вида строительного-монтажных работ.

$$E_i = \begin{cases} e_{i1} = \{M_{11}, M_{12}, \dots, M_{1n}\} \\ e_{i2} = \{M_{21}, M_{22}, \dots, M_{2n}\} \\ e_{i3} = \{M_{31}, M_{32}, \dots, M_{3n}\}, \\ \dots \dots \dots \\ e_{ik} = \{M_{k1}, M_{k2}, \dots, M_{kn}\} \end{cases}$$

Рис. 1. Схема формирования структуры основных энергозатрат по основным видам строительного-монтажных работ при возведении крупнопанельных зданий

По функциональному назначению вспомогательные энергозатраты объектов временной инфраструктуры можно разделить на отопление объектов (административно-бытового городка и материально-технических складов), электро-снабжение объектов (территории строительства, административно-бытового городка и материально-технических складов) и прочее обеспечение (мойка колес).

При расчете ТЭР основными и вспомогательными потребителями были учтены базовые показатели технологии строительного производства, представляющие собой параметры производственного процесса и материально-технического обеспечения, оказывающие наибольшее влияние на расход энергоресурсов. Наиболее значимыми могут быть объем выполняемых строительного-монтажных работ, вид первичного энергоносителя (электроэнергия, тепловой энергии, дизельное топливо), нормативная машиноёмкость работы на выполнение единицы объема работ, режимы работы энергопотребителя. Состав и значение базовых показателей технологии строительного производства устанавливался конкретно в каждом случае исходя из условий производства и степени влияния на процесс энергопотребления.

Количественное и качественное определение основных и вспомогательных энергопотребителей на строительной площадке осуществляется при разработке ПОС и ППР. Номенклатура средств механизации простого строительного-монтажного процесса принимается на основании ГЭСН, после чего конкретизируется по типам и маркам строительных машин и механизмов для определения их мощностей и расхода топливно-энергетических ресурсов при производстве работ.

Определение расхода энергоресурсов различными энергопотребителями потребителями (n -ой единицы механизации) для k -ого простого строительного-монтажного процесса (e_{ik}) происходит по следующей формуле (1).

$$M_{nk} = Q_{\text{сменн}} * P_n = M_n * V * Q_{\text{час}}, \quad (1)$$

где M_{nk} — энергозатраты n -ой единицы механизации k -ого строительного-монтажного процесса (технологической операции);

$Q_{\text{сменн}}$ — расход ТЭР n -ым потребителем в смену, выраженный в кг у.т.;

P_n — требуемое количество маш./смен для n -ой единицы механизации, необходимое для выполнения k -ого строительного-монтажного процесса (технологической операции) или общая машиноёмкость n -ой единицы механизации для выполнения k -ого строительного-монтажного процесса;

M_n — нормативное значение машиноёмкости n -ой единицы механизации для выполнения k -ого строительного-монтажного процесса в маш./час. на выполнение единицы объема работ. Нормативное значение каждой единицы механизации на выполнение единицы объема работ принимается на основании ГЭСН, ФЕР или ТЕР;

V — объем работ.

Расчет расхода энергоресурсов $Q_{\text{вспом}i}$ каждым элементом временной инфраструктуры строительной площадки для m -ом месяца строительства производится по формуле (2).

$$Q_{\text{вспом}i} = \sum_m V_i * Q_{\text{час}i} * t * d_m * k_{\text{мес}}, \quad (2)$$

где $Q_{\text{вспом}i}$ — энергозатраты i -ого элемента временной инфраструктуры строительной площадки при возведении крупнопанельного здания в кг у.т.;

V_i — количество элемента временной инфраструктуры строительной площадки (для административно-бытового городка и материально-технических складов выражено в квадратных метрах общей площади объектов, для мойки колес и освещении территории строительной площадки — в штуках);

$Q_{\text{час}i}$ — часовой расход ТЭР i -ым элементом временной инфраструктуры строительной площадки, выраженный в кг у.т. / час на 1 кв. м / 1 шт.;

t — среднее количество рабочих часов в день;

d_m — количество дней в m -ом месяце строительства;

$k_{\text{мес}}$ — вариативный календарный коэффициент к часовому расходу m -ого месяца, отражающий степень занятости энергопотребителя в течение данного месяца.

Для учета потребления всех видов ТЭР производился перерасчет, ориентируясь на условное топливо согласно пункту 6.3.2.3 ГОСТ Р 51750-2001 по их физическим (энергетическим) характеристикам.

Результаты исследования

Рассмотренная последовательность определения энергозатрат различными энергопотребителями на строительной площадке при возведении крупнопанельного здания позволят сформировать обобщённый алгоритм расчета полных и удельных энергозатрат при возведении крупнопанельных зданий в конкретных условиях производства работ, включающий следующие элементы:

- 1) определение (качественно и количественно) структуры энергозатрат по каждому виду энергопотребителей, в частности, основные и вспомогательные энергозатраты по различным видам ТЭР;
- 2) перевод всех размерных характеристик энергозатрат в условное топливо;
- 3) полные энергозатраты при возведении крупнопанельных зданий определяют в общем виде по формуле (3):

$$Q_{\text{пол}} = \sum Q_{\text{осн}i} + \sum Q_{\text{вспом}i}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{пол}}$ — полные энергозатраты при возведении крупнопанельного здания, выраженные в условном топливе;

$Q_{\text{осн}}$ — совокупность основных энергозатрат при возведении крупнопанельного здания в кг у.т.;

$Q_{\text{вспом}}$ — совокупность вспомогательных энергозатрат при возведении крупнопанельного здания в кг у.т.;

- 4) удельные энергозатраты при возведении крупнопанельных зданий определяются в общем виде по формуле:

$$q_{\text{уд}} = \frac{Q_{\text{пол}}}{V}, \quad (4)$$

где $q_{\text{уд}}$ — удельные энергозатраты при возведении крупнопанельного здания на единицу объема строительной продукции (м^2 , м^3);

$Q_{\text{пол}}$ — полные энергозатраты при возведении крупнопанельного здания, выраженные в условном топливе;

V — объем строительной продукции (м^2 , м^3).

Таким образом, полные энергозатраты ($Q_{\text{пол}}$) на возведение крупнопанельных зданий представляют собой совокупность величины основ-

ных и вспомогательных энергозатрат в килограммах условного топлива на возведение единицы продукции — отдельно стоящего крупнопанельного здания. Удельные энергозатраты ($q_{уд}$) представляют собой количество энергозатрат в кг у.т. при возведении объекта, приходящееся на единицу объема строительной продукции (m^2, m^3).

Подробный алгоритм расчета полных и удельных энергозатрат при возведении крупнопанельных зданий по различным видам энергозатрат и потребителей представлен на рис. 2.

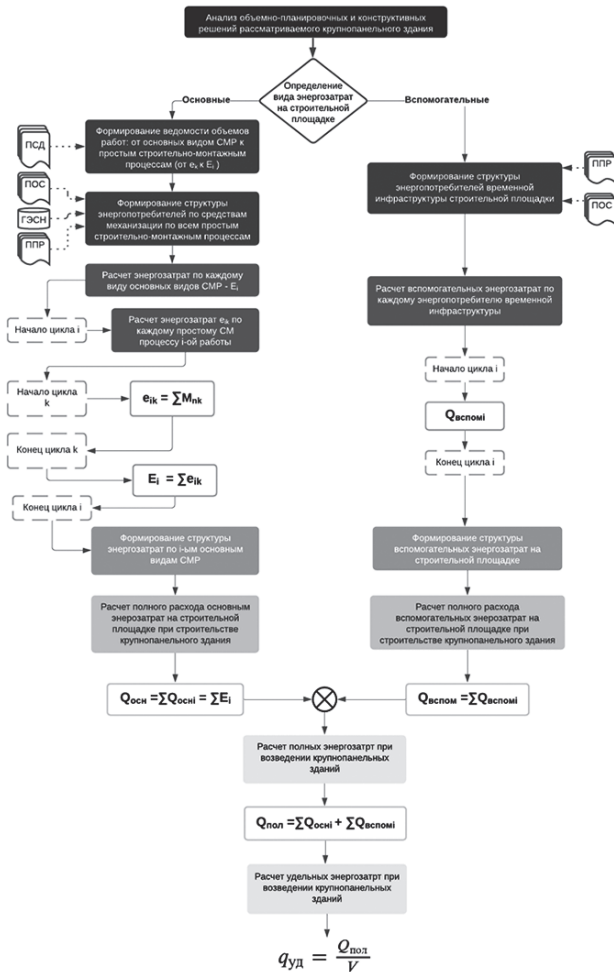


Рис. 2. Алгоритм расчета полных и удельных энергозатрат при возведении крупнопанельных зданий

По результату сформированного алгоритма расчета энергозатрат при возведении крупнопанельных зданий были определены полные и удельные расходы топливно-энергетических ресурсов для крупнопанельного здания. Таким образом, процесс возведения современного 12-этажного 6-секционного крупнопанельно-

го здания имеет следующие показатели энергоёмкости:

- полный расход энергоресурсов на строительной площадке составляет в среднем 130 747,65 кг у.т. без учета привязки к климатическим условиям;
- удельных расход энергоресурсов на строительной площадке составляет в среднем 6,78 кг у.т./ m^2 или 1,91 кг у.т./ m^3 без учета привязки к климатическим условиям.

Заключение и обсуждение

Рассмотренный алгоритм расчета полных и удельных энергозатрат на строительной площадке при возведении крупнопанельных зданий можно отнести к расчетному методу определения энергозатрат на строительной площадке, так как при фактическом мониторинге учитываются потери ТЭР при строительном производстве. В связи с этим полные энергозатраты ($Q_{пол}$) при возведении крупнопанельных зданий могут быть определены для двух вариантов:

- полезный расчетный расход энергии, необходимый для функционирования строительно-монтажного процесса и временной инфраструктуры строительной площадки (без учета режимов работы, КПД строительных машин, механизмов и оборудования, потерь ТЭР при транспортировке);
- полный фактический расход энергии, учитывающий КПД строительных машин, механизмов и оборудования, потери топлива и энергии при транспортировке и использовании машин и оборудования в пределах рассматриваемой строительной площадке.

Отношение полного расхода энергии к полезному расходу энергии представляет собой коэффициент полезного использования энергопотребителей Кисп на строительной площадке. Данный коэффициент отражает процент рационального использования топливно-энергетических ресурсов на строительной площадке и может быть использован для обоснования требований энергетической эффективности и применения энергосберегающий организационно-технологических решений на строительной площадке в соответствии с нормативно-техническими требованиями строительного производства.

Литература

1. Крахина В.А. Экономические аспекты энергосбережения и энергоэффективности в строительстве [Текст] / В.А. Крахина, В.В. Кононенко // Теоретическая экономика. — 2018. — № 3.
2. Коровина М.Д. Обоснование необходимости энергосбережения в многоэтажном жилищном строительстве [Текст] / М.Д. Коровина, П.С. Барашкова // Экология и строительство. — 2017. — № 2. — С. 4–10.
3. Гнездилова О.А. Энергосбережение в жилых многоквартирных домах [Текст] / О.А. Гнездилова, М.А. Разаков, Р.В. Чернова // Сантехника, отопление, кондиционирование. — 2019. — № 6. — С. 78–81.
4. Касьянов В.Ф. Энергосберегающие технологии в архитектурно-планировочных решениях при строительстве, реконструкции и технической эксплуатации жилых зданий [Текст] / В.Ф. Касьянов, А.С. Козлов // БСТ: Бюллетень строительной техники. — 2018. — № 3. — С. 41–43.
5. Волков А.А. Оптимизация архитектуры и инженерного обеспечения современных зданий в целях повышения их энергоэффективности [Текст] / А.А. Волков, Б.И. Гиясов, П.Д. Челышков, А.В. Седов, Б.С. Стригин // Научно-технический вестник Поволжья. — 2014. — № 6. — С. 111–113.
6. СП 48.13330.2019 Организация строительства СНиП 12-01-2004 [Текст].
7. Король О.А. Классификация и ранжирование энергозатрат для обеспечения требований энергомиминимизации современного строительного производства [Текст] / О.А. Король // Сборник трудов 18-й Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых «Строительство — формирование среды жизнедеятельности». — 2015. — С. 970–973.
8. Король О.А. Основные подходы и принципы формирования методики оценки эффективности энергосберегающих мероприятий в строительном производстве [Текст] / О.А. Король // Научное обозрение. — 2015. — № 12. — С. 393–396.
9. Король О.А. Анализ влияния численности строительных рабочих на энергопотребление бытового городка в условиях строительного производства [Текст] / О.А. Король // Естественные и технические науки. — 2015. — С. 594–596.
10. Грабовый К.П. Анализ потребления энергоресурсов на строительной площадке и резервов их сокращения [Текст] / К.П. Грабовый, О.А. Король // Естественные и технические науки. — 2014. — № 11-12. — С. 399–401.
11. Лозовский А.А. Мониторинг расхода ТЭР в строительном производстве [Текст] / А.А. Лозовский // Архитектура и строительство. — 2010. — № 5. — С. 74–76.
12. Кобелева С.А. Разработка методики определения полной энергоёмкости зданий [Текст] / С.А. Кобелева // Жилищное строительство. — 2012. — № 6. — С. 74–78.
13. Опарина Л.А. Результаты расчета энергоёмкости жизненного цикла зданий [Текст] / Л.А. Опарина // Жилищное строительство. — 2013. — № 11. — С. 50–52.
14. Жилищное хозяйство в России. 2019: Стат. сб. / Росстат. — Ж72 М., 2019. — 78 с. [Электронный ресурс]. — URL: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Jil-kom-vozvo%202019.pdf> (дата обращения: 16.11.2020).
15. Аналитический обзор ООО «Институт развития строительной отрасли» «Строительство жилья», февраль 2020 г., г. Москва [Электронный ресурс]. — URL: <https://erzf.ru/images/repfle/14589788001REPFLE.pdf> (дата обращения: 16.11.2020).
16. Абакумов Р.Г. Онтология исследования эффективности и перспектив крупнопанельного и монолитного железобетонного строительства жилых объектов [Текст] / Р.Г. Абакумов, И.П. Авилова, М.М. Абакумова, С.А. Анисимов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. — 2019. — № 10. — С. 40–52. — DOI: 10.34031/article_5db33b395b0bb8.51040783.
17. Тилинин Ю.И. Развитие организации и технологии крупнопанельного домостроения в условиях городского строительства [Текст] / Ю.И. Тилинин, С.А. Бахтинов // Организация строительного производства. Материалы II Всероссийской конференции. — 2020. — С. 85–93.

References

1. Krahina V.A., Kononenko V.V. Jekonomicheskie aspekty jenergoberezhenija i jenergojefektivnosti v stroitel'stve [Economic aspects of energy saving and energy efficiency in construction]. *Teoreticheskaja jekonomika* [Journal "Theoretical Economics"]. I. 3, 2018.
2. Korovina M.D., Barashkova P.S. Obosnovanie neobходимosti jenergoberezhenija v mnogoj etazhnom zhilishhnom stroitel'stve [Justification of the need for energy saving in multi-storey housing construction]. *Ekologija i stroitel'stvo* [Ecology and construction]. 2017, I. 2, pp. 4–10.
3. Gnezdilova O.A., Razakov M.A., Chernova R.V. Jenergoberezhenie v zhilyh mnogokvartirnyh domah [Energy saving in residential multi-apartment buildings]. *Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie* [Plumbing, heating, air conditioning]. 2019, I. 6, pp. 78–81.
4. Kas'janov V.F., Kozlov A.S. Jenergoberegajushhie tehnologii v arhitekturno-planirovochnyh reshenijah pri stroitel'stve, rekonstrukcii i tehničeskoj jekspluatácii zhilyh zdanij [Energy-saving technologies in architectural and planning solutions during construction, reconstruction and technical operation of residential buildings]. *BST: Bjulleten' stroitel'noj tehniki* [BST: Bulletin of construction technology]. 2018, I. 3, pp. 41–43.
5. Volkov A.A., Gijasov B.I., Chelyshkov P.D., Sedov A.V., Strigin B.S. Optimizacija arhitektury i inzhenerного obespechenija sovremennyh zdaniy v celjah povyshenija ih jenergojefektivnosti [Optimization of architecture and engineering support of modern buildings in order to improve their energy efficiency]. *Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ja* [Scientific and technical bulletin of the Volga region]. Kazan', 2014, I. 6, pp. 111–113.
6. SP 48.13330.2019 Organizacija stroitel'stva SNiP 12-01-2004 [SP 48.13330.2019 Organization of construction SNiP 12-01-2004].
7. Korol' O.A. Klassifikacija i ranzhирование jenergozatrata dlja obespechenija trebovanij jenergomimimizacii sovremennogo stroitel'nogo proizvodstva [Classification and ranking of energy costs to meet the requirements of energy minimization of modern construction production]. *Sbornik trudov Vosemnadcatoj Mezhdunarodnoj mezhvuzovskoj nauchno-praktičeskoj konferencii studentov, magistrantov, aspirantov i molodyh učenых «Stroitel'stvo — formirovanie sredy zhiznedejatel'nosti»* [Proceedings of the 18th International Interuniversity Scientific and Practical Conference of students, undergraduates, graduate students and young scientists "Construction — the formation of the living environment"]. 2015, pp. 970–973.

8. Korol' O.A. Osnovnye podhody i principy formirovaniya metodiki ocenki jeffektivnosti jenergosberegajushhih meroprijatij v stroitel'nom proizvodstve [Basic approaches and principles of formation of methods for assessing the effectiveness of energy-saving measures in construction production]. *Nauchnoe obozrenie* [Scientific Review]. 2015, I. 12, pp. 393–396.
9. Korol' O.A. Analiz vlijaniya chislennosti stroitel'nyh rabochih na jenergotreblenie bytovogo gorodka v usloviyah stroitel'nogo proizvodstva [Analysis of the influence of the number of construction workers on the energy consumption of the household town in the conditions of construction production]. *Estestvennye i tehnicheckie nauki* [Natural and technical sciences]. 2015, pp. 594–596.
10. Grabovyy K.P., Korol' O.A. Analiz potrebleniya jenergoresursov na stroitel'noj ploshhadke i rezervov ih sokrashheniya [Analysis of energy consumption at a construction site and reserves for their reduction]. *Estestvennye i tehnicheckie nauki* [Natural and technical sciences]. 2014, I. 11–12, pp. 399–401.
11. Lozovskij A.A. Monitoring rashoda TJeR v stroitel'nom proizvodstve [Monitoring of fuel and energy resources consumption in construction production]. *Arhitektura i stroitel'stvo* [Architecture and construction]. 2010, I. 5, pp. 74–76.
12. Kobeleva S.A. Razrabotka metodiki opredeleniya polnoj jenergoemkosti zdaniy [Development of a methodology for determining the total energy consumption of buildings]. *Zhilishhnoe stroitel'stvo* [Housing construction]. 2012, I. 6, pp. 74–78.
13. Oparina L.A. Rezul'taty rascheta jenergoemkosti zhiznennogo cikla zdaniy [The results of calculating the energy intensity of the life cycle of buildings]. *Zhilishhnoe stroitel'stvo* [Housing construction]. 2013, I. 11, pp. 50–52.
14. *Zhilishhnoe hozjajstvo v Rossii. 2019* [Housing in Russia]. Rosstat [Rosstat]. Moscow, 2019. 78 p. Available at: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Jil-kom_xoz-vo%202019.pdf (accessed 16 November 2020).
15. *Analiticheskij obzor OOO «Institut razvitiya stroitel'noj otrasli» «Stroitel'stvo zhil'ja», fevral' 2020 g., g. Moskva* [Analytical review of LLC “Institute for the Development of the Construction Industry” “Construction of Housing”, February 2020, Moscow]. Available at: <https://erzrf.ru/images/repfile/14589788001REPFLE.pdf> (accessed 16 November 2020).
16. Abakumov R.G., Avilova I.P., Abakumova M.M., Anisimov S.A. Ontologiya issledovaniya jeffektivnosti i perspektiv krupnopanel'nogo i monolitnogo zhelezobetonnoogo stroitel'stva zhilyh ob'ektov [Ontology of the study of the effectiveness and prospects of large-panel and monolithic reinforced concrete construction of residential buildings]. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova* [Bulletin BGTU named after V.G. Shukhov]. 2019, I. 10, pp. 40–52. DOI: 10.34031/article_5db33b395b0bb8.51040783.
17. Tilinin Ju.I., Bahtinov S.A. Razvitie organizacii i tehnologii krupnopanel'nogo domostroeniya v usloviyah gorodskogo stroitel'stva [Development of the organization and technology of large-panel housing construction in the conditions of urban construction]. *Organizacija stroitel'nogo proizvodstva. Materialy II Vserossijskoj konferencii* [Organization of construction production. Materials of the II All-Russian Conference]. 2020, pp. 85–93.