

**ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ВОЗВЕДЕНИЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ
С УЧЕТОМ РАЦИОНАЛЬНОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ**

**ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL MODELING
OF THE CONSTRUCTION OF LOW-RISE RESIDENTIAL BUILDINGS
WITH RATIONAL ENERGY CON**

Е.А. КОРОЛЬ, А.А. ЖУРАВЛЕВА, В.К. САВИН

E.A. KOROL, A.A. ZHURAVLEVA, V.K. SAVIN

(Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук)

(National Research Moscow State University of Civil Engineering,
Research Institute of Building Physics of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences)

E-mail: vngeo12@yandex.ru

Малоэтажное домостроение в последнее время стало перспективным сегментом жилищного строительства. В рамках государственных программ обозначены перспективные мероприятия, направленные на повышение доступности жилья путем массового строительства энергоэффективного и экологичного жилья. Вместе с тем, строительное производство является достаточно емким потребителем энергетических ресурсов, что задает актуальный вектор по энергосбережению в период возведения зданий. С целью сокращения энергопотребления в процессе строительства важно определить резервы, механизмы и способы энергосбережения при организации работ на строительной площадке. В статье рассматривается потребление топливно-энергетических ресурсов машинами, технологическим оборудованием и инструментом для выбранных технологий малоэтажного строительства. В результате выполненных расчетов установлено, что наибольшие удельные затраты (в кг.у.т) приходятся на строительство дома по технологии несъемной опалубки, наименьшие – на возведение из керамзитобетонных блоков. Представленный анализ в дальнейшем следует рассматривать с позиции рационального энергопотребления в процессе возведения малоэтажных зданий.

Low-rise housing has recently become a promising segment of housing. In the framework of state programs, promising measures have been identified that are aimed at increasing the affordability of housing with the use of mass construction of energy-efficient and environmentally friendly housing. At the same time, construction production is a rather capacious consumer of energy resources, which sets the current vector for energy saving during the construction of buildings. In order to reduce energy consumption in the construction process, it is important to determine the reserves, mechanisms and methods of energy saving when organizing work on the construction site. The article discusses the consumption of fuel and energy resources by machines, technological equipment and tools for selected technologies of low-rise construction. As a result of the calculations, it was established that the highest unit costs are accounted for the construction of a house according to the

technology of permanent formwork, the smallest - for the erection of claydite-concrete blocks. The analysis presented hereafter should be considered from the standpoint of rational energy consumption in the construction of low-rise buildings.

Ключевые слова: малоэтажное строительство, топливно-энергетические ресурсы, энергопотребление, условное топливо, строительная площадка.

Keywords: low-rise construction, energy resources, energy consumption, conditional fuel, construction site.

Развитие малоэтажного жилищного строительства (МЖС) в последнее время стало одним из ключевых факторов комплексного освоения территорий и одним из главных направлений государственной политики РФ. Согласно ФЦП "Жилище" на период 2015-2020 гг. увеличение малоэтажного жилья должно составить к 2020 г. не менее 70% от общего объема возводимого жилья в России [1], [2]. По прогнозам Правительства РФ данная программа должна стать достойной альтернативой панельному и монолитному многоэтажному строительству [2]. Следует отметить, что одной из важнейших особенностей ввода жилья в РФ является наличие устойчивой тенденции увеличения МЖС как в целом по РФ, так и по регионам России [3]. В последние годы благодаря реализации национального проекта "Доступное и комфортное жилье – гражданам России" и ведомственной целевой программы "Развитие малоэтажного жилищного строительства в РФ" во всех регионах активно застраиваются пригородные территории малоэтажными жилыми домами [4].

В современном малоэтажном домостроении применяются различные материалы и технологии строительства [5]. Так, из расчета построенных единиц домов значительное место занимают кирпичное (37,9%), деревянное (36,7%), блочное и каменное (17,1%) домостроение, а 8,3% домов строится из других современных материалов (СИП-панели, несъемная опалубка и др.) [6], [7]. При этом современные методы организации работ на строительной площадке ориентированы на сокращение продолжительности строительства, снижение трудоемкости работ и стоимости строительства. Вместе с тем, эффективность инвестиционно-строительного процесса возрастает с применением ме-

роприятий по энергосбережению в период возведения зданий [8], [9]. В связи с этим, в последнее время актуален вопрос рационального энергопотребления не только в процессе эксплуатации, но и на самом этапе строительства. Ввиду увеличения доли малоэтажного домостроения важно понимать, каковы удельные энергозатраты при возведении 1 м² малоэтажных зданий в сравнении со строительством многоэтажных жилых зданий. Наряду с этим при возведении малоэтажных жилых зданий с применением различных технологий строительства особое внимание следует уделять рациональному потреблению энергоресурсов энергопотребителями строительной площадки [10].

Для оценки расхода энергоресурсов основных энергопотребителей строительной площадки следует классифицировать по функциональному назначению:

- для механизации производства работ (машины, оборудование и инструмент);
- для устройства внутривозвездной инфраструктуры: бытовой городок и строительная площадка (освещение, отопление, электроснабжение, водоснабжение и др.);
- для производства определенных технологических процессов (подогрев бетона, кирпичной кладки в зимний период времени и др.) [11].

Отличительной особенностью малоэтажного строительства в сравнении с многоэтажным является применение бытовых городков "упрощенного" типа или вовсе их отсутствие, что значительно сокращает энергопотребление строительной площадки. При этом особого внимания заслуживают машины, оборудование и ручной инструмент, так как они расходуют основную долю энергоресурсов строительной площадки при возведении малоэтажных жилых зданий. Для

исследования рассматривали следующие технологии малоэтажного домостроения:

- 1) кирпичная кладка с облицовкой кирпичом;
- 2) кладка из керамзитобетонных блоков с облицовкой кирпичом;

3) СИП-панели с облицовкой штукатурным декоративным раствором;

4) несъемная опалубка (с применением пенополистирольных блоков) с облицовкой штукатурными отделочными смесями.

Т а б л и ц а 1

Кирпичная кладка с облицовкой кирпичом			Кладка из керамзитобетонных блоков с облицовкой кирпичом		
Потребители электроэнергии	кВт	Ку.т	Потребители электроэнергии	кВт	Ку.т
Передвижной компрессор	105,6	0,3445	Передвижной компрессор	88	0,3445
Поверхностный вибратор	6,5		Поверхностный вибратор	4,3	
Кран на гусеничном ходу*	1320		Кран на гусеничном ходу*	840	
Бетоносмеситель	35,2		Бетоносмеситель	28,8	
Растворосмеситель	4,8		Растворосмеситель	4,8	
Растворонасос	26,4		Растворонасос	26,4	
Перфоратор	1,9		Перфоратор	1,9	
Дрель	0,8		Дрель	0,8	
Потребители топлива	литры	Ку.т	Потребители топлива	литры	Ку.т
Бульдозер	28,8 (Д)	1,45	Бульдозер	28,8 (Д)	1,45
Экскаватор	25,1 (Д)		Экскаватор	12,6 (Д)	
Кран на гусеничном* ходу	554,4 (Д)		Кран на гусеничном ходу*	352,8 (Д)	
Бензопила	2,1 (Б)	1,49	Бензопила	2,1 (Б)	1,49
СИП-панели с облицовкой штукатурным декоративным раствором			Несъемная опалубка с облицовкой штукатурными отделочными смесями		
Потребители электроэнергии	кВт	Ку.т	Потребители электроэнергии	кВт	Ку.т
Поверхностный вибратор	4,3	0,3445	Поверхностный вибратор	4,3	0,3445
Глубинный вибратор	1,1		Глубинный вибратор	61,6	
Сварочный инвертор	90		Сварочный инвертор	4,4	
Передвижной компрессор	105,6		Передвижной компрессор	105,6	
-	-		Кран на гусеничном ходу*	888	
Растворосмеситель	12		Растворосмеситель	7,2	
Окрасочный аппарат	34,3		Растворонасос	31,7	
Краскотерка	1,2		Бетоносмеситель	3,2	
Перфоратор	1,9		Перфоратор	1,9	
Дрель	0,8		Дрель	0,8	
Потребители топлива	литры	Ку.т	Насосная станция с прессом	36	
Бульдозер	28,8 (Д)	1,45	Потребители топлива	литры	Ку.т
Сваебойная установка	6,5 (Б)	1,49	Бульдозер	28,8 (Д)	1,45
Сварочный агрегат	22,2 (Д)	1,45	Экскаватор	12,6 (Д)	
Автомобильный кран	6,7 (Д)		Автобетононасос поршневой	152,9 (Д)	
-	-	-	Кран на гусеничном ходу*	373 (Д)	
-	-	-	Бензопила	2,1 (Б)	1,49

П р и м е ч а н и е. * – кран на гусеничном ходу может работать как на дизельном топливе (Д), так и от внешней электрической сети.

В качестве объекта исследования выбран двухэтажный жилой дом прямоугольной формы с общей площадью 160 м². Нормативные затраты машиновремени и продол-

жительность производства работ определялись согласно нормам ГЭСН, ТЕР, ЕНиР. Для обеспечения сопоставимости затрат топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) по

всем видам потребителей осуществлялся перевод всех расходов ТЭР в единицу измерения – килограмм условного топлива (кг.у.т) [12]. Расчет расхода ТЭР без учета поправочных коэффициентов проводится по формуле:

$$W_n = Q_{\text{час}} T_p K_{\text{у.т}}$$

где W_n – расход n-го потребителя ТЭР; T_p – продолжительность рабочего дня и выполнения работ, ч; $K_{\text{у.т}}$ – коэффициент перевода натурального топлива в условное [13]. В табл. 1 представлены рассчитанные суммарные расходы ТЭР по видам энергии для рассматриваемых технологий строительства. Для расчета использовали технические характеристики (мощность в кВт или л.с.) энергопотребителей согласно их паспортам.

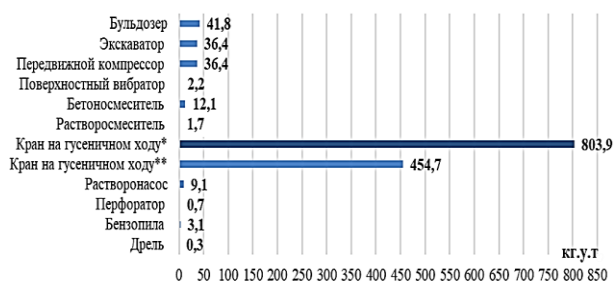


Рис. 1

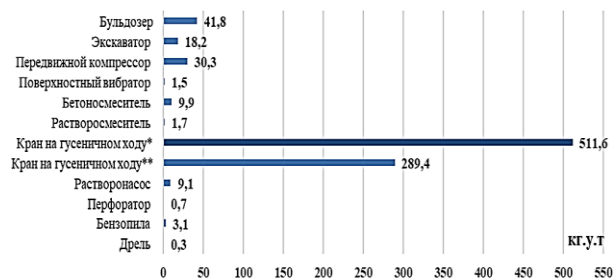


Рис. 2

На основании полученных данных были построены диаграммы суммарного потребления ТЭР (рис.1...4) машинами, технологическим оборудованием и инструментом для рассматриваемых технологий строительства (рис.1 – суммарные расходы ТЭР: кирпичная кладка с облицовкой кирпичом; рис. 2 – суммарные расходы ТЭР: кладка из керамзитобетонных блоков с облицовочным кирпичом; рис. 3 – суммарные расходы ТЭР: СИП-панели с облицовкой штукатурным декоративным раствором; рис.4 – сум-

марные расходы ТЭР: несъемная опалубка с облицовкой штукатурными отделочными смесями; для рис. 1...4: * – при работе крана на дизельном топливе; ** – при работе крана от внешней сети.

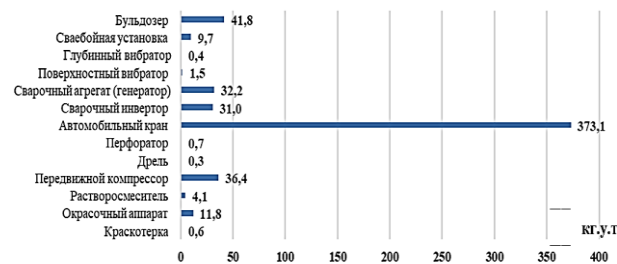


Рис. 3

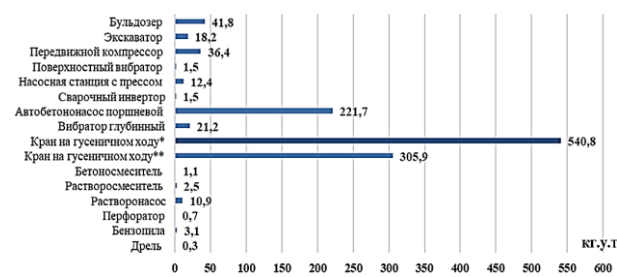


Рис. 4

Исходя из представленных диаграмм на рис. 1, 2 и 4 наиболее энергорациональным решением является использование гусеничного крана при работе от внешней электросети (в сравнении с работой на дизельном топливе). Таким образом, общие суммарные энергозатраты по каждой рассматриваемой технологии в пересчете на 100 м² составили:

- кладка из керамзитобетонных блоков с облицовкой кирпичом 253,7 кг.у.т;
- СИП-панели с облицовкой штукатурным декоративным раствором: 337 кг.у.т;
- кирпичная кладка с облицовкой кирпичом: 374,8 кг.у.т;
- несъемная опалубка с облицовкой штукатурными отделочными смесями: 420,6 кг.у.т.

Таким образом, наиболее энергозатратным является строительство малоэтажных жилых зданий с использованием несъемной опалубки, наименее энергозатратным – возведение из керамзитобетонных блоков. Представленный анализ расхода ТЭР в дальнейшем следует рассматривать с позиции рациональной минимизации расходуемых энергоресурсов на стадии возведения малоэтажных зданий.

ВЫВОДЫ

1. В статье представлены удельные энергозатраты (в кг.у.т на 100 м²) для осуществления механизации производства работ машинами, технологическим оборудованием и инструментом при возведении малоэтажного здания. Выполненные расчетные исследования расхода энергоресурсов в строительном малоэтажном производстве обеспечивают комплексное рассмотрение потребления ТЭР с целью их рациональной энергоминимизации в границах заданных или желаемых условий, определяемых участниками строительно-инвестиционного процесса.

2. Целевая функция системы расхода энергоресурсов может быть описана выражением:

$$W_i = \sum_{i=1}^n W_i K_i \rightarrow \min,$$

где W_i – количество расходуемых различных видов ТЭР; K_i – коэффициенты перевода различных видов ТЭР к единому измерителю – условному топливу [14]. В качестве основного критерия успешного достижения поставленной цели следует принимать рациональное потребление ТЭР, выраженное в конкретных физических величинах, например, в килограммах условного топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Селютин Л.Г. Современные аспекты процесса управления инвестиционной деятельностью в сфере воспроизводства жилищного фонда // Парадигма познаний. – 2014, №2. С.28...30.
2. Баронин С.А., Черных А.Г., Андросов А.Н. Проблемные аспекты развития малоэтажного строительства в России. – М.: ИНФРА-М, 2011.
3. Феофанов С.В. Актуальные проблемы развития малоэтажного строительства в условиях современного спроса на рынке недвижимости // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2013, №2 (34). С.104...111.
4. Сайфуллина С.Ф., Логиновская И.Д. Перспективы развития малоэтажного строительства в России // Управление экономическими системами: электронный журнал. – 2015, №5 (77). С.4.
5. Бережная О.Г., Цветков Н.А. Анализ малоэтажного строительства в субъектах РФ за период 2011-2014 гг. // Избр. докл. 62-й Университет. научн.-техн. конф. студентов и молодых ученых. Секция 19: Энергоресурсосберегающие технологии в инженерных системах зданий – 2011. С.1231...1234.
6. Синегубова А.А. Малоэтажное строительство: перспективы развития // Стройпрофиль. – 2010, №4. С.3...10.

7. Симченко О.Л. Обзор современных тенденций развития технологий малоэтажного строительства // Таврический научный обозреватель. – 2017, №3 (20). С.141...144.

8. Король Е.А., Журавлева А.А. Алгоритм выбора рациональных организационно-технологических решений малоэтажных жилых зданий // БСТ. – 2018, №7. С.51...53.

9. Король О.А., Грабовый К.П. Анализ потребления энергоресурсов на строительной площадке и резервов их сокращения // Естественные и технические науки. – 2014, №11-12 (78). С.399...401.

10. Король О.А. Исследования и наукоемкие разработки в области энергоэффективного строительного производства // Строительные материалы. – 2015, №6 (84). С.594...596.

11. Король О.А. Классификация и ранжирование энергозатрат для обеспечения требований энергоминимизации современного строительного производства // Сб. тр. 18-й Междунар. межвуз. научн.-практ. конф. студентов, магистров, аспирантов и молодых ученых. – 2015. С.970...973.

12. Лозовский А.А., Земляков Г.В. Нормирование расхода ТЭР в строительном производстве // Строительная наука и техника. – 2011, №5 (38). С.12...17.

13. Лозовский А.А. Энергосбережение в строительном производстве // Строительная наука и техника. – 2011, №5 (32). С.36...40.

14. Лозовский А.А., Земляков Г.В. Расчет индивидуальных технологических норм расхода топливно-энергетических ресурсов в строительном производстве // Вестник БНТУ. – 2011, №6. С.42...48.

REFERENCES

1. Selyutina L.G. Sovremennye aspekty protsessa upravleniya investitsionnoy deyatel'nost'yu v sfere vosproizvodstva zhilishchnogo fonda // Paradigma poznaniy. – 2014, №2. S.28...30.
2. Baronin S.A., Chernykh A.G., Androsov A.N. Problemnye aspekty razvitiya maloetazhnogo stroitel'stva v Rossii. – M.: INFRA-M, 2011.
3. Feofanov S.V. Aktual'nye problemy razvitiya maloetazhnogo stroitel'stva v usloviyakh sovremennogo sprosna na rynke nedvizhimosti // Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regional'noe prilozhenie. – 2013, №2 (34). S.104...111.
4. Sayfullina S.F., Loginovskaya I.D. Perspektivy razvitiya maloetazhnogo stroitel'stva v Rossii // Upravlenie ekonomicheskimi sistemami: elektronnyy zhurnal. – 2015, №5 (77). S.4.
5. Berezhnaya O.G., Tsvetkov N.A. Analiz maloetazhnogo stroitel'stva v sub"ektakh RF za period 2011-2014 gg. // Izbr. dokl. 62-y Universitet. nauchn.-tekhn. konf. studentov i molodykh uchenykh. Sektsiya 19: Energoresursosberegayushchie tekhnologii v inzhenernykh sistemakh zdaniy – 2011. S.1231...1234.
6. Sinigubova A.A. Maloetazhnoe stroitel'stvo: perspektivy razvitiya // Stroyprofil'. – 2010, №4. S.3...10.
7. Simchenko O.L. Obzor sovremennykh tendentsiy razvitiya tekhnologiy maloetazhnogo stroitel'stva // Tavricheskiy nauchnyy obozrevatel'. – 2017, №3(20). S.141...144.

8. Korol' E.A., Zhuravleva A.A. Algoritm vybora ratsional'nykh organizatsionno-tekhnologicheskikh resheniy maloetazhnykh zhilykh zdaniy // BST. – 2018, №7. S.51...53.

9. Korol' O.A., Grabovyy K.P. Analiz potrebleniya energoresursov na stroitel'noy ploshchadke i rezervov ikh sokrashcheniya // Estestvennye i tekhnicheskie nauki. – 2014, №11-12 (78). S.399...401.

10. Korol' O.A. Issledovaniya i naukoemkie razrabotki v oblasti energoeffektivnogo stroitel'nogo proizvodstva // Stroitel'nye materialy. – 2015, №6 (84). S.594...596.

11. Korol' O.A. Klassifikatsiya i ranzhirovanie energozatrat dlya obespecheniya trebovaniy energomini-mizatsii sovremennogo stroitel'nogo proizvodstva // Sb. tr. 18-y Mezhdunar. mezhvuz. nauchn.-prakt. konf. studentov, magistrrov, aspirantov i molodykh uchenykh. – 2015. S.970...973.

12. Lozovskiy A.A., Zemlyakov G.V. Normirovaniye raskhoda TER v stroitel'nom proizvodstve // Stroitel'naya nauka i tekhnika. – 2011, №5 (38). S.12...17.

13. Lozovskiy A.A. Energoberezhenie v stroitel'nom proizvodstve // Stroitel'naya nauka i tekhnika. – 2011, №5 (32). S.36...40.

14. Lozovskiy A.A., Zemlyakov G.V. Raschet individual'nykh tekhnologicheskikh norm raskhoda toplivno-energeticheskikh resursov v stroitel'nom proizvodstve // Vestnik BNTU. – 2011, №6. S.42...48.

Рекомендована Ученым советом НИИСФ РААСН.
Поступила 18.06.19.