

*Долголатев В. М., Николаева Е. К., Бондарчук В. В., \*Бревнов А. А.*

*Донбасский государственный технический университет*

*\*E-mail: abrevnov@list.ru*

## ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АРХИТЕКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

*Проведены исследования энергоэффективных проектных решений жилых домов повышенной комфортности, приведены результаты основных характеристик вариантов архитектурно-планировочных решений и произведены сравнения расчетных значений удельных теплопотерь с контрольными показателями удельного теплопотребления.*

**Ключевые слова:** *показатели компактности, энергоэффективные проектные решения, теплопотери здания, удельные теплопотери, теплопотребление.*

**Проблема и её связь с научными и практическими задачами.** Достаточно долгое время проектирование и строительство гражданских зданий ориентировалось на выполнение завещанной Витрувием триады: «польза, прочность, красота». Однако мировые энергетические кризисы XX века инициировали прогрессивные структурные перемены в мировой экономике и, как следствие, в строительной отрасли. Жизненно необходимым стало применение энергосберегающих технологий, основанных на рациональном использовании тепла и электроэнергии.

В развитых странах на строительство и эксплуатацию зданий расходуется около половины всей энергии, в развивающихся странах — примерно треть, что связано с различными потребностями в быту, в частности наличием в развитых странах большего количества бытовой техники: холодильников, кондиционеров, СВЧ-печей, стиральных машин и т. п. В России на строительство тратится примерно 40–45 % всей вырабатываемой энергии [1], что делает энергосбережение в строительной отрасли чрезвычайно актуальным.

Поэтому экономия энергоресурсов путем проектирования энергоэффективных зданий стала неотъемлемой четвертой составляющей в системе требований к зданиям.

Пути решения этой проблемы подробно рассмотрены авторами в работах [2–5]:

– увеличение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций за счет применения высокоэффективных утеплителей;

– применение систем вентиляции с возвратом тепловой энергии удаляемого воздуха (при этом 1 кВт электроэнергии обеспечивает до 7 кВт тепловой энергии);

– использование индивидуальных или коллективных установок возобновляемой энергии и энергоэффективных отопительных систем (солнечные коллекторы и батареи, тепловые насосы, биоэнергетические установки, ветровые электростанции, инфракрасные нагреватели, карбоновые нагреватели, энергосберегающие осветительные и нагревательные приборы и др.);

– применение систем автоматического управления режимами работы инженерного оборудования и бытовых приборов (оптимизируются режимы экономии энергии и автоматически поддерживается комфортный микроклимат помещений);

– энергоэффективные архитектурно-планировочные решения (выбор энергоэффективной формы дома, энергетически рациональная ориентация здания по сторонам света и розе ветров, энергетически рациональное расположение буферных зон, зимних садов, атриумов, оконных и дверных проемов и т. д.).

Попытки решать отдельные задачи обособленно, как правило, не дают должного эффекта. Например, повышение тер-

мического сопротивления ограждающих конструкций зданий существенно влияет на тепло-влажностный режим здания и требует изменения системы вентиляции и отопления. А повышение теплосопротивления стеновых ограждений не приводит к необходимым результатам без повышения термосопротивления оконных блоков и пр.

На основании вышесказанного можно дать исчерпывающее понятие энергоэффективного здания: это совокупность архитектурно-планировочных, конструктивных и инженерных решений в здании, обеспечивающих комфортность проживания и минимум затрат тепловой энергии, приходящейся на поддержание микроклимата в помещении.

**Постановка задачи.** В качестве основной задачи авторы выбрали теоретическое исследование зданий повышенной комфортности с различными конструктивными и объемно-планировочными решениями на предмет их энергоэффективности. Эта задача может быть решена путем выявления закономерностей между архитектурно-планировочными решениями зданий и их температурно-влажностными харак-

теристиками как элементами единой энергетической системы.

**Изложение материала.** Коллективом преподавателей Донбасского государственного технического университета разработаны варианты архитектурно-планировочных решений жилых домов повышенной комфортности (см. рис. 1–6).

Основные характеристики представленных архитектурно-планировочных решений приведены в таблице 1.

Как можно заметить, расчетные показатели компактности несколько выше рекомендованных для соответствующих значений этажности, но, учитывая, что первый этаж не предусмотрен для жилья и может быть запроектирован как цокольный, этажность домов фактически определяется пунктом 3 таблицы 1. В таком случае рекомендации ТСН 23-339-2002 «Территориально-строительные нормы Ростовской области» вполне выполнены. Снизить расчетный показатель компактности возможно за счет увеличения высоты этажа с 3 до 3,3 м, однако это соответственно увеличит общие теплотери здания за отопительный сезон.

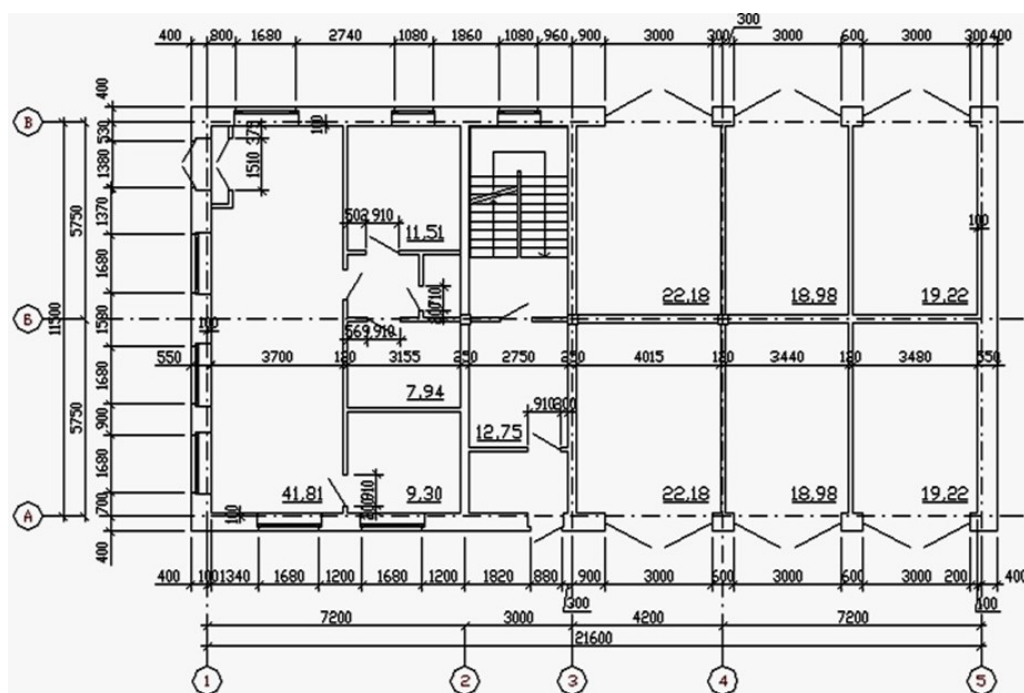


Рисунок 1 — План первого этажа (вариант 1)

**СТРОИТЕЛЬСТВО**

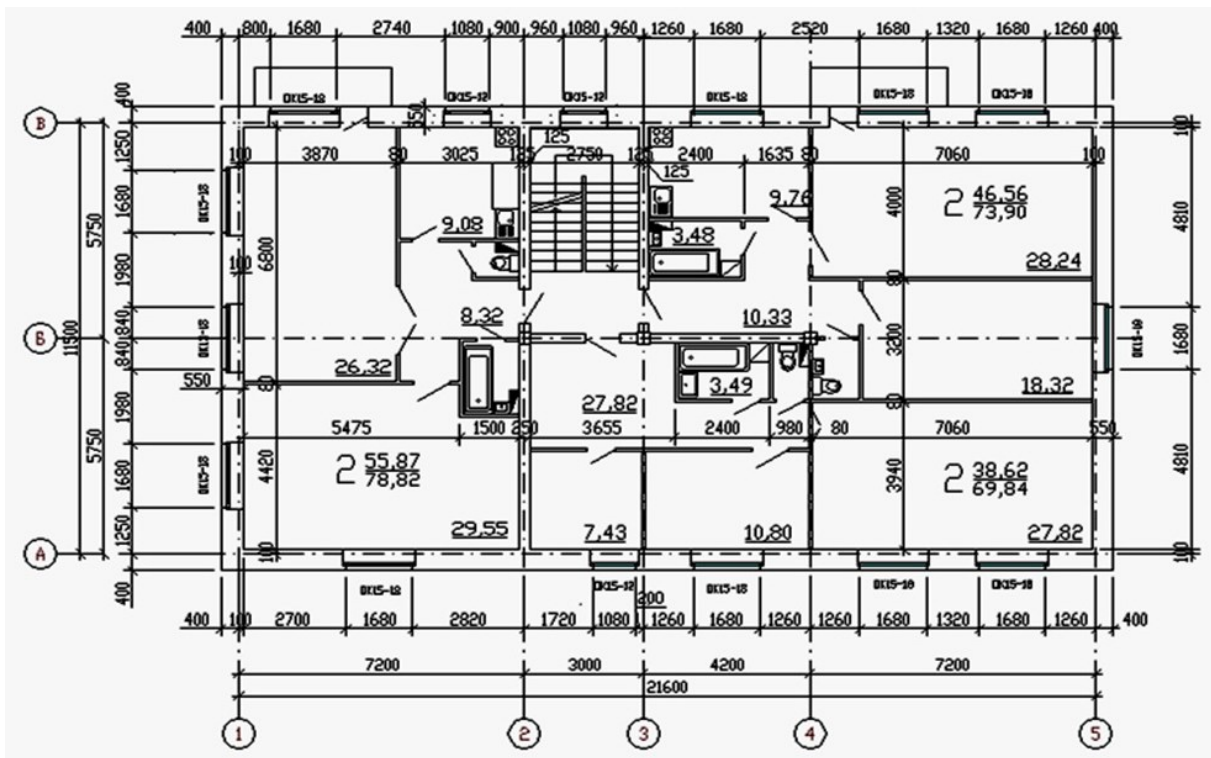


Рисунок 2 — План типового этажа (вариант 1)

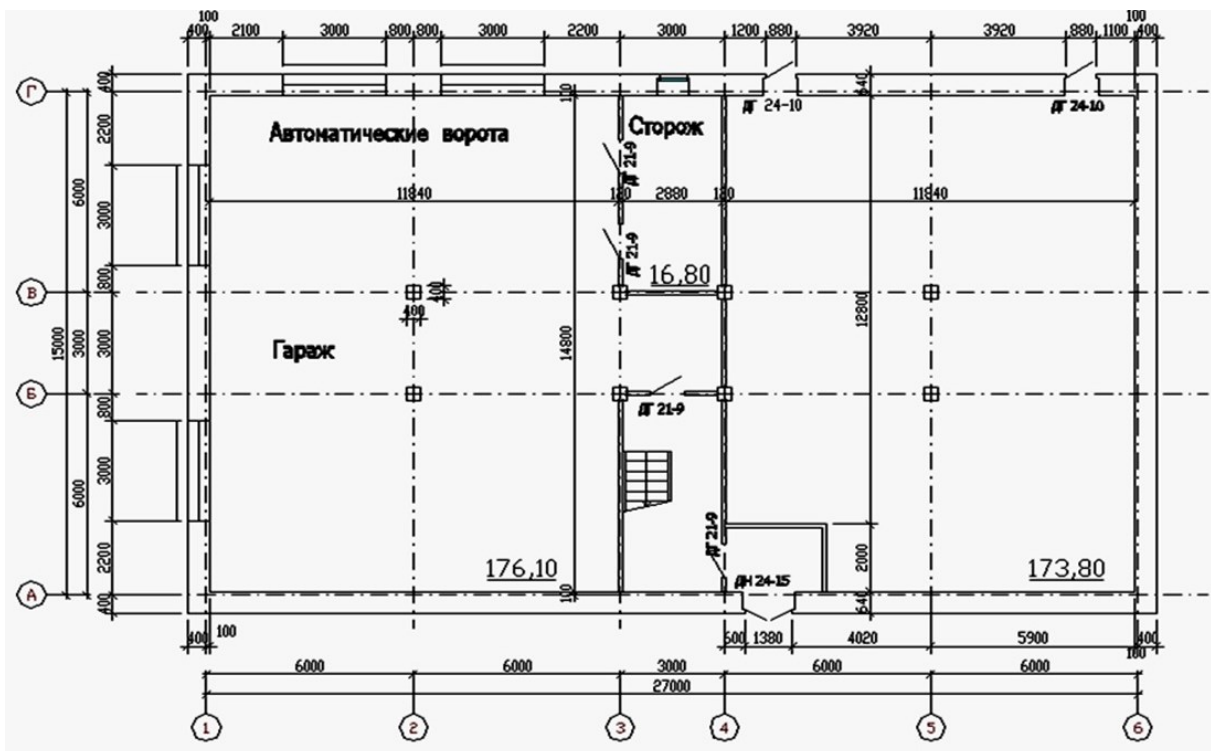


Рисунок 3 — План первого этажа (вариант 2)

СТРОИТЕЛЬСТВО

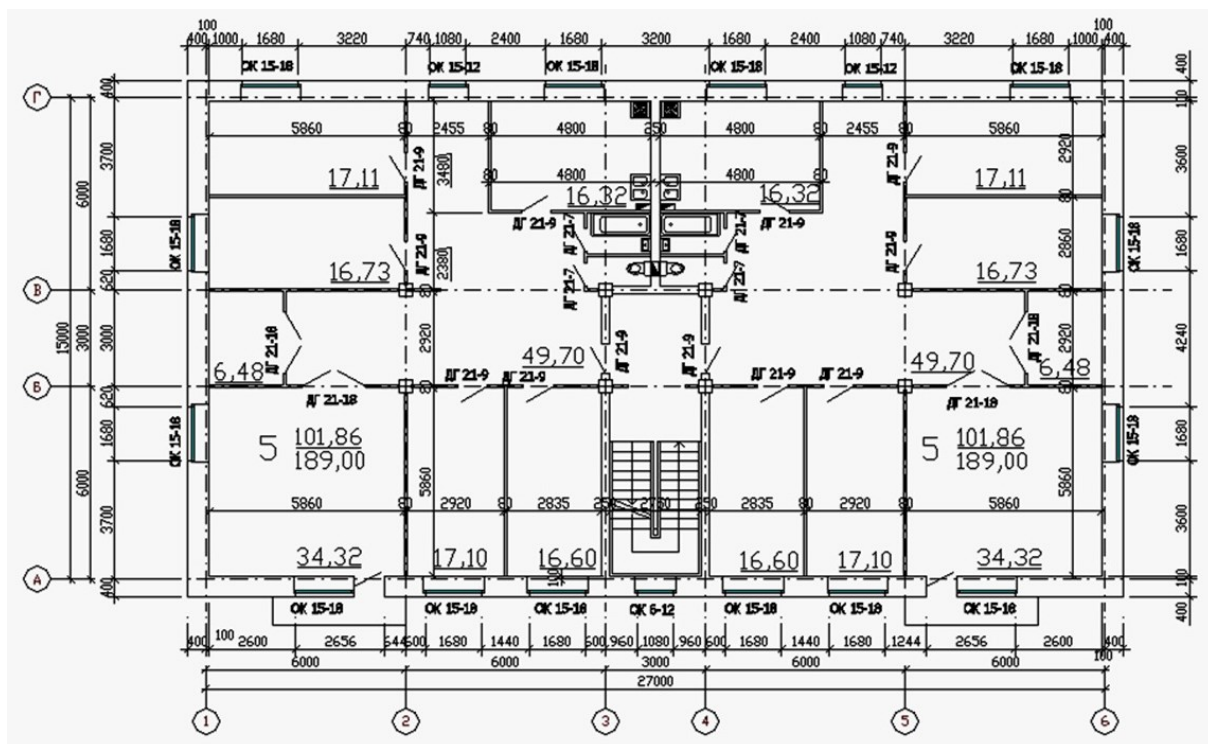


Рисунок 4 — План типового этажа (вариант 2)

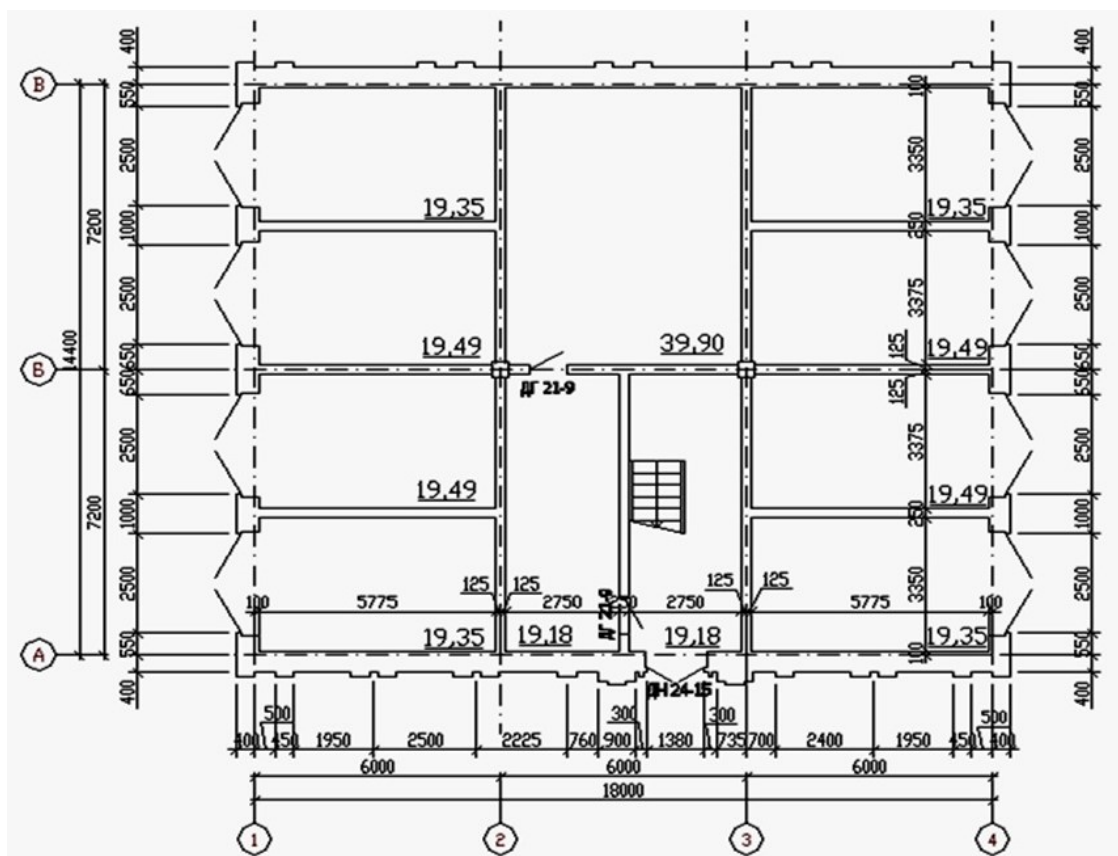


Рисунок 5 — План первого этажа (вариант 3)

СТРОИТЕЛЬСТВО

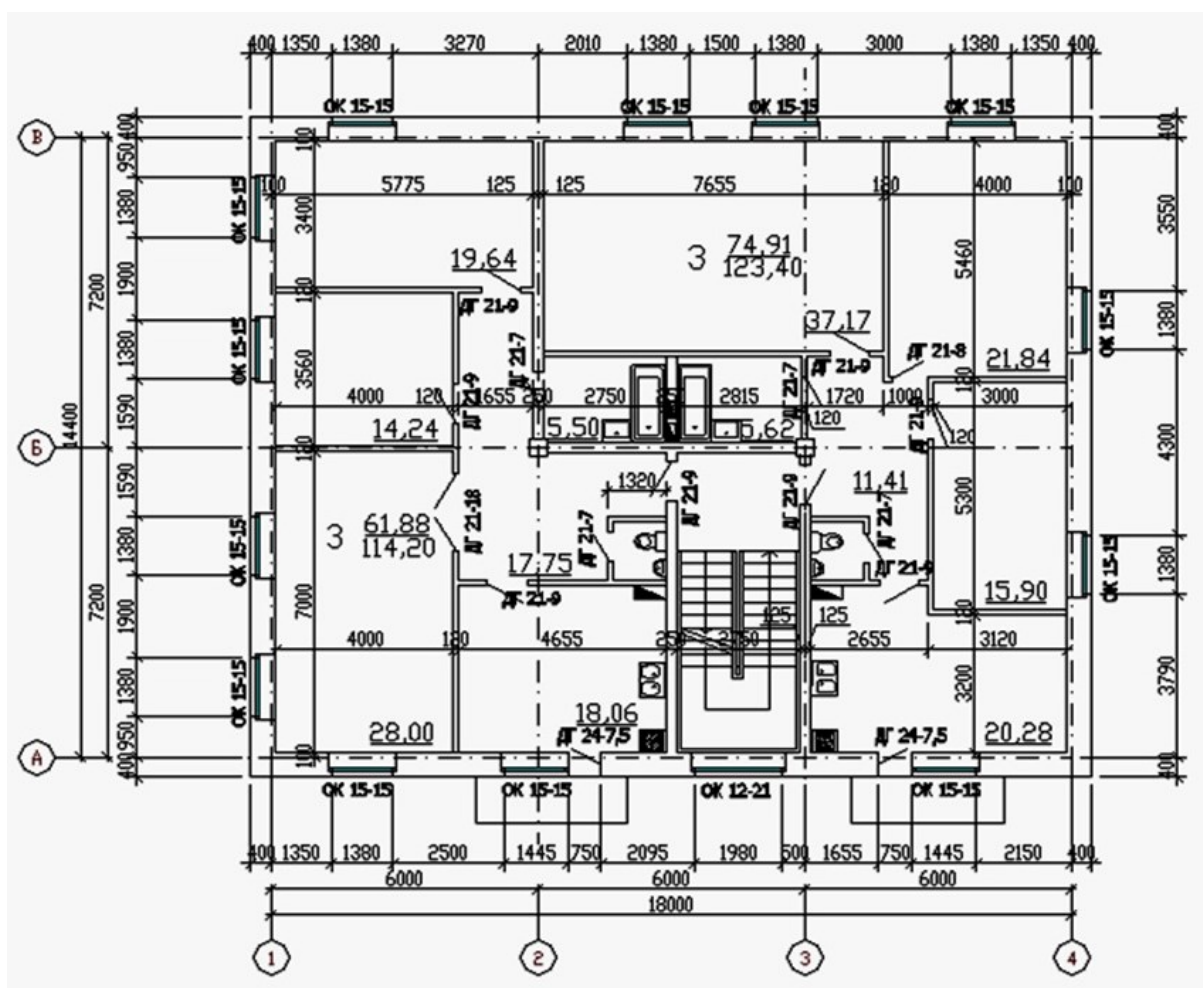


Рисунок 6 — План типового этажа (вариант 3)

Таблица 1

Основные характеристики архитектурно-планировочных решений

№ п/п	Название показателя	Единица измерения	Вариант архитектурно-планировочного решения		
			1	2	3
1	Площадь застройки	м <sup>2</sup>	279	439,24	285,76
2	Этажность	этаж	3	4	5
3	Количество жилых этажей	этаж	2	3	4
4	Высота этажа	м	3	3	3
5	Количество квартир в доме, в т. ч.	шт	6	6	8
	– 2-комнатных	шт	6	0	0
	– 3-комнатных	шт	0	0	8
	– 5-комнатных	шт	0	6	0
6	Площадь квартир в доме	м <sup>2</sup>	445,12	1134	950,4
7	Жилая площадь	м <sup>2</sup>	282,10	611,16	547,16
8	Площадь балконов	м <sup>2</sup>	18	18	24
9	Общая площадь квартир в доме	м <sup>2</sup>	450,52	1139,4	957,6

**СТРОИТЕЛЬСТВО**

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Название показателя	Единица измерения	Вариант архитектурно-планировочного решения		
			1	2	3
10	Общая площадь нежилых помещений (магазин)	м <sup>2</sup>	76,29	0	0
11	Количество индивидуальных гаражей	шт	6	0	8
12	Площадь индивидуальных гаражей	м <sup>2</sup>	120,76	0	155,36
13	Площадь гаража-стоянки	м <sup>2</sup>	0	176,10	0
14	Отапливаемая площадь	м <sup>2</sup>	591,86	1190,82	1011,04
15	Общая площадь внутренних поверхностей внешних ограждающих конструкций	м <sup>2</sup>	990,89	1525,44	1260,72
16	Отапливаемый объем	м <sup>3</sup>	1727,22	3490,43	2982,57
17	Показатель компактности дома	-	0,574	0,437	0,423
18	Рекомендованный показатель компактности дома по ТСН 23-339-2002, не более	-	0,54/0,61	0,43/0,54	0,36/0,43

*Примечание.* Рекомендуемый показатель компактности дома приведен:

- в числителе — для этажности согласно п. 2;
- в знаменателе — для этажности согласно п. 3.

Результаты расчета приведенного коэффициента теплопередачи теплоизоляционной оболочки зданий приведены в таблице 2. Расход тепловой энергии и удельных теплотрат на отопление дома за отопительный период сведен в таблицу 3.

Согласно СП 50.13320.2012 «Тепловая защита зданий» базовые значения требуемого сопротивления теплопередачи для стен составляют примерно  $2,63 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$ , для чердачных перекрытий —  $3,48 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$ , для окон —  $0,60 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$  при количестве градусо-суток отопительного периода 3523 для г. Ростов-на-Дону. Соответствующие показатели (табл. 3) не превышают указанных базовых значений.

Далее в ходе исследований было проведено сравнение расчетных значений удельных теплотерь с контрольными показателями удельного теплопотребления (приложение 25 СНиП 2.04.05-91\*В), результаты которого сведены в таблицу 4.

Как свидетельствуют результаты, приведенные в таблицах 3 и 4, удельные теплотери всех предлагаемых архитектурно-планировочных решений не превышают нормативных максимальных теплотери и значительно ниже контрольных показателей удельного теплопотребления, а следовательно, существует возможность спрогнозировать, что тепловая мощность систем отопления и годовое теплопотребление не будут превышать нормативных показателей для Ростовской области.

Разработанные архитектурно-планировочные решения отвечают требованиям к теплотехническим показателям ограждающих конструкций (теплоизоляционной оболочки) домов, что обеспечивает рациональное использование энергетических ресурсов на обогрев. Предлагаемые решения предусматривают использование конструктивной схемы с полным и неполным каркасом, монолитного железобетона или железобетонного каркаса конструкций серии 1.020-83 и ее модификаций.

**СТРОИТЕЛЬСТВО**

Таблица 2

Приведенный коэффициент теплопередачи теплоизоляционной оболочки зданий

№ п/п	Название показателя	Единица измерения	Вариант архитектурно-планировочного решения		
			1	2	3
<b>1</b>	<b>Площадь:</b>				
1а	– стен $F_{\text{ст}}$	м <sup>2</sup>	408,31	592,96	612,2
1б	– окон и балконных дверей $F_{\text{ок}}$	м <sup>2</sup>	93,24	135,60	139,4
1в	– внешних дверей $F_{\text{д}}$	м <sup>2</sup>	5,7	3,6	3,6
1г	– чердачных перекрытий $F_{\text{пк}}$	м <sup>2</sup>	241,82	396,64	252,76
1д	– цокольных перекрытий $F_{\text{ц}}$	м <sup>2</sup>	241,82	396,64	252,76
<b>2</b>	<b>Приведенное сопротивление теплопередачи</b>	$\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$			
2а	– стен $R_{\Sigma \text{пр ст}}$	÷	2,8	2,8	2,8
2б	– окон и балконных дверей $R_{\Sigma \text{пр ок}}$	÷	0,6	0,6	0,6
2в	– внешних дверей $R_{\Sigma \text{пр д}}$	÷	0,6	0,6	0,6
2г	– чердачных пере-крытий $R_{\Sigma \text{пр пк}}$	÷	4,95	4,95	4,95
2д	– цокольных пере-крытий $R_{\Sigma \text{пр ц}}$	÷	3,5	3,5	3,5
<b>3</b>	<b>Внутренняя общая площадь ограждающих конструкций <math>F_{\Sigma}</math></b>	м <sup>2</sup>	990,89	1525,44	1260,72
<b>4</b>	<b>Коэффициент <math>\xi</math>, который учитывает дополнительные теплотери</b>	-	1,13	1,13	1,13
<b>5</b>	<b>Приведенный коэффициент теплопередачи <math>k_{\Sigma \text{пр}}</math></b>	$\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	0,483	0,467	0,520

Таблица 3

Затраты тепловой энергии и удельные теплотраты на отопление дома за отопительный период

№ п/п	Название показателя	Единица измерения	Вариант архитектурно-планировочного решения		
			1	2	3
1	Общие теплотери дома через ограждающую оболочку $Q_{\text{к}}$	кВт·час	81243	123012	113238
2	Бытовые теплотупления $Q_{\text{вн п}}$	кВт·час	33881	44858	40161
3	Тепловые поступления через окна от солнечной радиации $Q_{\text{с}}$ , если главный фасад выходит на:	кВт·час			
3а	– север	÷	8423	13723	13476
3б	– юг	÷	8906	11921	12039
3в	– запад	÷	8985	11372	13080
3г	– восток	÷	6958	11372	11150
4	Затраты тепловой энергии на отопление дома в течение отопительного периода $Q_{\text{год}}$ , если главный фасад выходит на:	кВт·час			
4а	– север	÷	53562	86046	79471
4б	– юг	÷	53125	87675	80770

**СТРОИТЕЛЬСТВО**

Продолжение таблицы 3

№ п/п	Название показателя	Единица измерения	Вариант архитектурно-планировочного решения		
			1	2	3
4в	– запад	÷	53054	88172	79829
4г	– восток	÷	54886	88172	81574
5	Отапливаемая площадь	м <sup>2</sup>	591,86	1190,82	1011,04
6	Удельные теплотери $q_{зд}$ , если главный фасад выходит на:	$\frac{\text{кВт}\cdot\text{час}}{\text{м}^2}$			
6а	– север	÷	90,50	72,26	78,60
6б	– юг	÷	89,76	73,63	79,89
6в	– запад	÷	89,64	74,04	78,96
6г	– восток	÷	92,73	74,04	80,68
7	Нормативные максимальные теплотери $E_{\max}$	$\frac{\text{кВт}\cdot\text{час}}{\text{м}^2}$	99/94	83/78	89/83

Таблица 4

Сравнение расчетных значений удельных теплотер с контрольными показателями удельного теплотребления

№ п/п	Название показателя	Единица измерения	Вариант архитектурно-планировочного решения		
			1	2	3
1	Удельные теплотери $q_{зд}$ , если главный фасад выходит на:	$\frac{\text{ГДж}}{\text{м}^2\cdot\text{час}}$			
1а	– север	÷	0,326	0,260	0,283
1б	– юг	÷	0,323	0,2658	0,288
1в	– запад	÷	0,323	0,267	0,284
1г	– восток	÷	0,334	0,267	0,291
2	Удельное теплотребление, не более	$\frac{\text{ГДж}}{\text{м}^2\cdot\text{час}}$	0,36	0,31	0,32

Примечание. 1 кВт·час = 3,602·10<sup>-3</sup> ГДж.

**Выводы:**

1. Понятие энергоэффективного здания включает в себя совокупность архитектурно-планировочных, конструктивных и инженерных решений в здании, обеспечивающих комфортность проживания и минимум затрат тепловой энергии, приходящейся на поддержание микроклимата в помещении.

2. Разработанные архитектурно-планировочные решения жилых зданий повышенной комфортности предусматривают использование конструктивной схе-

мы с полным и неполным каркасом, монолитного железобетона или железобетонного каркаса конструкций серии 1.020-83 и ее модификаций.

3. В ходе теоретических исследований были определены основные характеристики представленных архитектурно-планировочных решений, выполнено их сравнение с нормативными показателями.

4. С целью оценки энергоэффективности разработанных проектов выполнен расчет приведенного коэффициента теп-



лопередачи, а также расхода тепловой энергии и удельных теплотрат на отопление за отопительный период.

5. Сравнение расчетных значений удельных теплопотерь предложенных вариантов

зданий между собой и с контрольными показателями удельного теплопотребления дало возможность определить наиболее рациональный вариант архитектурно планировочного решения — вариант № 2.

#### **Список источников**

1. Москалёва Е. Г., Чегодайкина Ю. А., Шукшина М. А. Проблемы и перспективы развития энергосбережения в российской строительной отрасли // Молодой ученый. 2015. № 8 (88). С. 585–587. URL: <https://moluch.ru/archive/88/17125/> (дата обращения: 14.03.2024). EDN TPUGFJ
2. Проблемы теплозащиты зданий и задачи исследования энергоэффективных проектных решений жилых домов / И. Н. Симонова, В. М. Долголаптев, Е. К. Николаева, С. И. Симонов // Коммунальное хозяйство городов : науч.-техн. сборник. Харьков, 2008. № 84. С. 159–162.
3. «Энергоэффективные здания» как новое направление в строительстве / И. Н. Симонова, В. М. Долголаптев, Е. К. Николаева, С. И. Симонов // Сборник научных трудов ДонГТУ. 2008. № 27. С. 367–375.
4. Пути снижения энергозатрат жилых зданий на стадии проектирования / И. Н. Симонова, В. М. Долголаптев, Е. К. Николаева, С. И. Симонов // Сборник научных трудов ДонГТУ. 2008. № 27. С. 376–383.
5. Вопросы энергосбережения при реконструкции жилых домов : монография / В. М. Долголаптев, И. Н. Симонова, С. И. Симонов, Е. К. Николаева ; Донбасский государственный технический университет. Луганск : СПД Резников В. С., 2010. 322 с.

© Долголаптев В. М., Николаева Е. К., Бондарчук В. В., Бревнов А. А.

**Рекомендована к печати к.т.н., доц., и. о. зав. каф. ПС ДонГТУ Псюком В. В., д.т.н., проф. каф. проектирования с/х объектов ЛГАУ им. К. Е. Ворошилова Давиденко А. И.**

Статья поступила в редакцию 27.03.2024.

#### **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Долголаптев Виктор Михайлович**, канд. техн. наук, доцент каф. архитектурного дизайна и строительных конструкций  
Донбасский государственный технический университет,  
г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия

**Николаева Елена Климовна**, канд. техн. наук, доцент каф. архитектурного дизайна и строительных конструкций  
Донбасский государственный технический университет,  
г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия

**Бондарчук Владимир Витальевич**, канд. техн. наук, доцент, зав. каф. архитектурного дизайна и строительных конструкций  
Донбасский государственный технический университет,  
г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия

**Бревнов Александр Аркадьевич**, канд. техн. наук, доцент, и. о. зав. каф. инженерной механики и строительства  
Донбасский государственный технический университет,  
г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия,  
e-mail: [abrevnov@list.ru](mailto:abrevnov@list.ru)

**Dolgolaptev V. M., Nikolaeva E. K., Bondarchuk V. V., \*Brevnov A. A.** (Donbas State Technical University, Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia, \*e-mail: abrevnov@list.ru)

### **THERMOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF ARCHITECTURAL AND PLANNING SOLUTIONS FOR RESIDENTIAL BUILDINGS**

*The study examines energy-efficient design solutions for residential buildings that offer increased comfort, the results of main characteristics of various architectural and structural solution are given and the specific heat losses calculations were compared with the specific heat consumption benchmarks.*

**Key words:** compactness indicators, energy-efficient design solutions, heat losses in building, specific heat losses, heat consumption.

#### **References**

1. Moskaleva E. G., Chegodaikina Yu. A., Shukshina M. A. Problems and prospects of energy saving development in the Russian construction industry [Problemy i perspektivy razvitiya energosberezheniya v rossijskoj stroitel'noj otrasli]. *Young Scientist*. 2015. No. 8 (88). Pp. 585–587. URL: <https://moluch.ru/archive/88/17125/> (date of treatment: 14.03.2024). EDN TPUGFJ

2. Simonova I. N., Dolgolaptev V. M., Nikolaeva E. K., Simonov S. I. Problems of thermal protection of buildings and tasks of researching energy-efficient design solutions for residential buildings [Problemy teplozashchity zdaniy i zadachi issledovaniya energoeffektivnykh proektnykh reshenij zhilyh domov]. *Kommunal'noe khoziaistvo gorodov : nauchno-tehnicheskii sbornik. Khar'kov*. 2008. No. 84. Pp. 159–162. (rus)

3. Simonova I. N., Dolgolaptev V. M., Nikolaeva E. K., Simonov S. I. "Energy-efficient buildings" as a new trend in construction [«Energoeffektivnye zdaniya» kak novoe napravlenie v stroitel'stve]. *Scientific works collection of DonSTU*. 2008. No. 27. Pp. 367–375. (rus)

4. Simonova I. N., Dolgolaptev V. M., Nikolaeva E. K., Simonov S. I. Ways to reduce energy costs of residential buildings at the design stage [Puti snizheniya energozatrat zhilyh zdaniy na stadii proektirovaniya]. *Scientific works collection of DonSTU*. 2008. No. 27. Pp. 376–383. (rus)

5. Dolgolaptev V. M., Simonova I. N., Simonov S. I., Nikolaeva E. K. Issues of energy saving in the reconstruction of residential buildings : a monograph [Voprosy energosberezheniya pri rekonstrukcii zhilyh domov : monografiya]. *Donbas State Technical University. Lugansk : SPD Reznikov V. S.* 2010. 322 p. (rus)

#### **INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Dolgolaptev Viktor Mikhailovich**, PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Architectural Design and Engineering Constructions  
Donbas State Technical University,  
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia

**Nikolaeva Elena Klimovna**, PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Architectural Design and Engineering Constructions  
Donbas State Technical University,  
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia

**Bondarchuk Vladimir Vitalievich**, PhD in Engineering, Assistant Professor, Acting Head of the Department of Architectural Design and Engineering Constructions  
Donbas State Technical University,  
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia

**Brevnov Aleksandr Arkadievich**, PhD in Engineering, Assistant Professor, Acting Head of the Department of Engineering Mechanics and Building  
Donbas State Technical University,  
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia  
e-mail: abrevnov@list.ru