

¹Тарасюк П.Н., аспирант,
²Ващенко Д.А., генеральный директор,
¹Трубаев П. А., докт. техн. наук, доц.
³Радченко В.В., канд. техн. наук, генеральный директор
¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
²ООО «Интеллект-сервис ЖБК-1», Россия, Белгород,
³ООО «Центр энергосервисных технологий», Россия, Белгород

АНАЛИЗ ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ РАЗЛИЧНОГО ТИПА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

tarasyuk88@mail.ru

В работе приводятся результаты измерения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций эксплуатируемых зданий, а также результаты измерений сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций в сертифицированных климатических камерах с целью сопоставления их фактических теплотехнических характеристик с расчетными значениями. Установлено, что основное влияние на снижение фактического термического сопротивления ограждающих конструкций по отношению к расчётному оказывает их конструктивное исполнение, а не применяемые материалы. Ограждающие конструкции, имеющие монтируемый в процессе строительства слой утеплителя, имеют фактическое сопротивление теплопередаче ниже расчетного. При этом на термическое сопротивление влияет способ монтажа утеплителя и место установки пароизоляции. Ограждающие конструкции, выполненные в виде кладки из кирпичей или блоков, а также собираемые в заводских условиях, по теплозащитным характеристикам соответствуют своим заявленным свойствам.

Ключевые слова: термическое сопротивление, ограждающие конструкции, утепление, энергоэффективность.

Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций является основным показателем теплозащиты зданий [1–3], его минимальное требуемое значение установлено строительными нормативами. При проектировании тепловой защиты зданий и сооружений используются расчетные теплотехнические показатели строительных материалов и изделий [2, 4]. Фактические значения теплопроводности материалов ограждающих конструкций в эксплуатируемых зданиях может значительно отличаться от расчетных в связи с повышенной влажностью и износом строительных конструкций, из-за недостаточного качества строительных материалов и работ [5–7].

В работе рассматриваются результаты измерения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций эксплуатируемых зданий г. Москвы, г. Старый Оскол и г. Белгорода в натуральных условиях, а также результаты измерений сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций в сертифицированных климатических камерах с целью сопоставления их фактических теплотехнических характеристик с расчетными значениями.

Измерения теплотехнических свойств в натуральных условиях

Измерения в натуральных условиях проводились прибором ИТП-МГ4.03/10 «Поток» в ото-

пительный период. Измерения и расчеты сопротивления теплопередаче R выполнялись согласно нормативной и технической литературе [8, 9]. Были сделаны ряд измерений в разных зданиях и городах. В табл. 1 приведены результаты замеров с описанием конструкции зданий.

Как видно из табл. 1, фактические значения термического сопротивления однородных ограждающих конструкций или многослойных панелей, изготовленных в заводских условиях, соответствует расчётному. Для многослойных конструкций с минераловатным утеплителем, монтируемым в процессе строительства, фактическое сопротивление теплопередаче составляет 70-80% от расчётного значения.

Измерение теплотехнических свойств на опытных стендах

Испытания на опытных стендах проводились в аккредитованной испытательной лаборатории ООО «Интеллект-Сервис-ЖБК-1» с 32 видами строительных материалов и разными вариантами слоев ограждающих конструкций. Опытные макеты (рис. 1) представляли собой стены, выложенные из исследуемых материалов, теплоизолированные снизу и сверху.

Для каждого вида материала проводилось один или несколько опытов. Полученные результаты испытаний представлены в табл. 2.

Таблица 1

Сравнение сопротивления теплопередаче, (м²·°С)/Вт

Описание здания, год постройки, расположение	Описание и толщина ограждающих конструкций	Термическое сопротивление, (м ² ·К)/Вт			Отношение фактического значения к расчетному, %
		по данным замеров (фактическое)	расчетное (проектное)	нормативное	
Торгово-офисный центр, 2 этажа с подземным паркингом (2012 г.), г. Белгород	Покрытие подземного паркинга, на верхней стороне которого расположена открытая площадка, толщиной 700...900 мм (тротуарная плитка; цементно-песчаная смесь; керамзитобетон 100 мм; керамзит – 100...300 мм; бетонная стяжка – 200 мм; железобетонная монолитная плита)	0,89	1,1...1,6 ¹ (1,802 ²)	3,78 ³ ; 3,31 ⁴	56...81%
	Сэндвич-панель из минераловатного утеплителя, 120 мм	3,09	3,08	2,86	100%
	Силикатный кирпич 500 мм, минераловатный утеплитель 100 мм, вентилируемый фасад	2,05	2,871 ⁵ (3,082 ⁶)	2,86	71%
Административное четырехэтажное здание (1985 г.), г. Москва	Керамзитобетон толщиной 500 мм	2,0	1,9	2,56	105%
Двухэтажное административное здание (2012 г.), г. Белгород	Керамические крупноформатные поризованные блоки, и минераловатный утеплитель (760 мм)	3,45	3,81 ⁷ (6,987 ⁸)	2,45	81%
Трехэтажный жилой дом (2010 г.), г. Белгород	Газосиликатные блоки, вентилируемый фасад с минераловатным утеплителем (670 мм).	4,87	6,44	2,86	76%
Шестиэтажное административное здание (1902 г.), г. Москва	Кирпичная кладка из красного кирпича, 700...800 мм	1,32	1,26	2,56	105%
Трехэтажное административное здание (1953 г.), г. Москва	Кладка из красного кирпича, 600 мм	0,93	0,9	2,56	103%
Пятиэтажный жилой дом, (1966 г.), г. Старый Оскол	Кладка из силикатного кирпича, 510 мм	0,99	0,83	2,86	119%
Пятиэтажный жилой дом, (1969 г.), г. Старый Оскол	Кладка из силикатного кирпича, 510 мм	1,02	0,85	2,86	120%
Пятиэтажный жилой дом, (1972 г.), г. Старый Оскол	Кладка из силикатного кирпича, 510 мм	0,88	0,83	2,86	106%
Пятиэтажный жилой дом, (1977 г.), г. Старый Оскол	Однослойные панельные плиты, 400 мм.	0,85	0,93	2,86	91%
Пятиэтажный жилой дом, (1973 г.), г. Старый Оскол	Однослойные панельные плиты, 400 мм.	1,05	0,93	2,86	113%
Пятиэтажный жилой дом, (1974 г.), г. Старый Оскол	Трехслойные панельные плиты, 300 мм.	1,49	1,07	2,86	139%
Пятиэтажный жилой дом, (1973 г.), г. Старый Оскол	Однослойные панельные плиты, 400 мм.	0,89	0,93	2,86	96%
Пятиэтажный жилой дом, (1973 г.), г. Старый Оскол	Однослойные панельные плиты, 400 мм.	0,82	0,93	2,86	88%

Примечания: ¹ – с утеплением керамзитовой засыпкой, применённым в ходе строительства; ² – с утеплением материалом IZOVOL 50 мм, предусмотренном в проекте; ³ – для покрытий и перекрытий над проездами; ⁴ – для перекрытий чердачных, над неотапливаемыми подпольями и подвалами; ⁵ – для обычного силикатного кирпича, используемого при строительстве; ⁶ – для пустотелого силикатного кирпича, предусмотренного в проекте; ⁷ – в расчёте использованы данные теплопроводности газобетона из СП 23-101-2004; ⁸ – в расчёте использованы данные теплопроводности производителя газобетона.

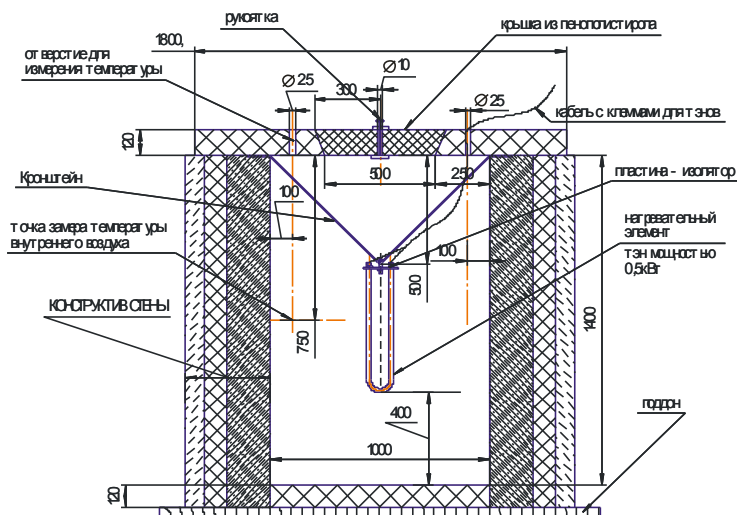


Рис 1. Макет климатической камеры

Для поддержания внутри стенда постоянной температуры использовался электронагреватель. Термическое сопротивление измерялось

в трёх точках с использованием прибора ИТП-МГ4.03 «ПОТОК».

Таблица 2

Результаты испытаний в климатической камере

№	Описание и толщина исследуемых конструкций	Термическое сопротивление, (м ² ·К)/Вт		Отношение фактического значения к расчётному, %	Количество опытов
		по данным замеров (фактическое)	расчётное		
<i>Однослойная конструкция (кладка из кирпичей или блоков)</i>					
1.	Силикатный кирпич, 510 мм	0,35	0,729	48%	1
2.	Силикатный кирпич, 520 мм	0,37	0,743	50%	1
3.	Керамзитобетонный камень Liarog, 365 мм	2,64	3,8	69%	3
4.	Камень керамический пустотный M125, 510 мм	1,1	1,1	100%	1
5.	Керамзитобетонный камень СКЦ-1Р-75, 390 мм	0,473	1	47%	3
	а) кладочный раствор - цементно-песчаный раствор М75, тычковый ряд				
	б) кладочный раствор - цементно-песчаный раствор М75, ложковый ряд	0,73	1	73%	2
6.	Керамзитобетонный камень СКЦ-7Р-75, 365 мм	0,59	1,8	33%	1
	а) кладочный раствор - цементно-песчаный раствор М75				
	б) кладочный раствор - теплый раствор КНАУФ-ЛМ 21	1,81	1,8	101%	1
7.	Керамзитобетонный камень СКЦ-7Р-75, 390 мм	0,94	1,95	48%	1
<i>Двухслойная конструкция (кладка из кирпичей или блоков)</i>					
8.	I. Газосиликатный блок М500, 300 мм	1,985	2,3	86%	2
	II. Силикатный кирпич, 120 мм				
9.	I. Газосиликатный блок М500, 300 мм	2,15	2,5	86%	3
	II. Воздушная прослойка, 17,5 мм				
	III. Силикатный кирпич, 120 мм				
<i>Двухслойная конструкция (кладка из кирпичей или блоков с тёплой штукатуркой)</i>					
10.	I. Силикатный кирпич, 520 мм II. Теплоизолирующая шпаклевка (теплая штукатурка), 30 мм	0,41	0,92	45%	1

11	I. Силикатный кирпич, 520 мм II. Теплоизолирующая шпаклевка (теплая штукатурка), 40 мм	0,63	0,98	64%	1
12	I. Силикатный кирпич, 520 мм II. Теплоизолирующая шпаклевка (теплая штукатурка), 60 мм	1,3	1,1	118%	1
13	I. Керамзитобетонный камень СКЦ-1Р-75, 390 мм II. Теплоизолирующая шпаклевка (теплая штукатурка), 40 мм (кладочный раствор - цементно-песчаный раствор М75, тычковый ряд)	0,54	1,3	42%	1
<i>Двухслойная конструкция (кладка из кирпичей или блоков с утеплителем)</i>					
14	I. Силикатный кирпич, 510 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 100 мм	1,6	3,3	48%	1
15	I. Силикатный кирпич, 510 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 100 мм (штукатурка и краска)	0,57	3,3	17%	1
16	I. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 630 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 100 мм	0,7	3,6	19%	2
17	I. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 170 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 120 мм	0,505	3,4	15%	1
18	I. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 240 мм II. Полистиролбетон D200, 280 мм	1,16	4,4	26%	1
<i>Трехслойная конструкция (кладка из кирпичей или блоков с полимерным утеплителем в межстенном пространстве)</i>					
19	I. Керамзитобетонный камень СКЦ-1Р-75, 190 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 100 мм III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм	2,28	3,3	69%	2
20	I. Керамзитобетонный камень СКЦ-1Р-75, 190 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 120 мм III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм	1,99	3,8	52%	3
21	I. Керамзитобетонный камень СКЦ-1Р-50, 190 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 120 мм III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм а) изоспан на ПСБС б) изоспан под ПСБС	1,84	3,5	53%	1
		2,08	3,5	59%	1
22	I. Керамзитобетонный камень СКЦ-1Р-75, 190 мм II. Полистиролбетон D200, 280 мм III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм	1,48	4,7	31%	1
23	I. Керамзитобетонный камень СКЦ-1Р-75, 190 мм II. Экструдированный пенополистирол (31-35 кг/м3), 100 мм III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм	1,5	4,7	32%	1
24	I. Пазогребневый камень СКЦт-7Р-75, 190 мм II. Экструдированный пенополистирол (31-35 кг/м3), 100 мм III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм	2,185	4,2	52%	2
25	I. Пазогребневый камень СКЦт-7Р-75, 190 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 100 мм III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм а) точечное крепление утеплителя б) крепление по периметру и в центре утеплителя ПСБС-25	1,715	3,2	54%	2
		2,88	3,2	90%	1
26	I. Пазогребневый камень СКЦт-7Р-75, 190 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 120 мм III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 90 мм	2,1	3,69	57%	3
27	I. Пазогребневый камень СКЦт-7Р-75, 190 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 120 мм III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм	2,205	3,74	59%	4
28	I. Пазогребневый камень СКЦт-7Р-75, 190 мм II. Пенополистирол ПСБС-25, 100 мм III. Воздушная прослойка, 15 мм IV. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм	2,23	3,4	66%	1
<i>Трехслойная конструкция (кладка из блоков с минераловатным и целлюлозным утеплителем в межстенном пространстве)</i>					
29	I. Пазогребневый камень СКЦт-7Р-75, 190 мм II. Минераловатный и целлюлозный утеплитель, 100 мм III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм	2,04	2,7	76%	2

30	I. Пазогребневый камень СКЦТ-7Р-75, 190 мм	1,57	3,7	42%	1
	II. Минераловатный и целлюлозный утеплитель, 150 мм				
	III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм				
<i>Трехслойная конструкция (кладка из блоков с пенобетоном в межстенном пространстве)</i>					
31	I. Керамзитобетонный камень СКЦ-1Р-75, 190 мм	1,61	2,4	67%	8
	II. Пенобетон, 200 мм				
	III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм				
32	I. Керамзитобетонный камень СКЦ-1Р-75, 190 мм	2,53	3,1	82%	3
	II. Пенобетон, 280 мм				
	III. Керамзитобетонный камень (облицовочный), 120 мм				

После анализа данных были найдены ряд зависимостей для отклонения расчётного и фактического теплового сопротивления от их значений и характеристик ограждающих конструкций, определенных для ограждающих конструкций, сгруппированных по заданным признакам. В табл. 3 представлено отношение фактического (измеренного) термического сопротивления к

расчётному, определённому по методике и данным документов [8, 9], для разных видов ограждающих конструкций. Как видно из табл., наименьшее отклонение фактического сопротивления от расчётного имеют сплошные конструкции, наибольшее – ограждающие конструкции с утеплителем.

Таблица 3

Снижение термического сопротивления разных видов ограждающих конструкций

Вид ограждающей конструкции	Количество опытов	Отношение фактического значения к расчётному, %
Кирпичная кладка из сплошного кирпича или блоков	13	74%
Кирпичная кладка из пустотных кирпичей или блоков	10	61%
Ограждающая конструкция, содержащая пено- или газобетон	13	65%
Ограждающая конструкция с минераловатным утеплителем	3	65%
Ограждающая конструкция с полимерным утеплителем	26	51%

На рис. 2 представлено отношение фактического сопротивления к расчётному для ограждающих конструкций, сгруппированных по значению расчётного термического сопротивления и количеству слоёв. Наибольшее относительное отклонение имеет место для конструкций с низким и высоким термическим сопротивлением. Это можно объяснить тем, что для стен с низким термическим сопротивлением большое влияние оказывают дефекты конструкции и влияние теплотехнических неоднородностей (кладки, стыков теплоизоляционных плит и т.п.). Для стен с

высоким термическим сопротивлением, большую часть которого составляет сопротивление полимерного утеплителя, снижение фактического сопротивления по сравнению с расчётным можно объяснить несоответствием теплотехнических свойств утеплителя заявленным значениям, а также значительным снижением теплозащитных свойств, обусловленных способом крепления утеплителя к стене. Этой же причиной можно объяснить наименьшее отношение фактического и расчётного термического сопротивления для двухслойных конструкций.

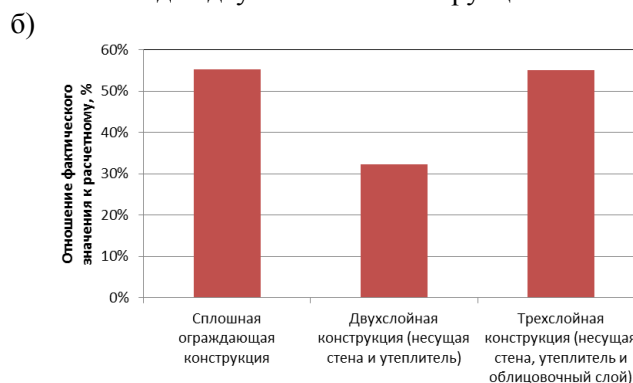
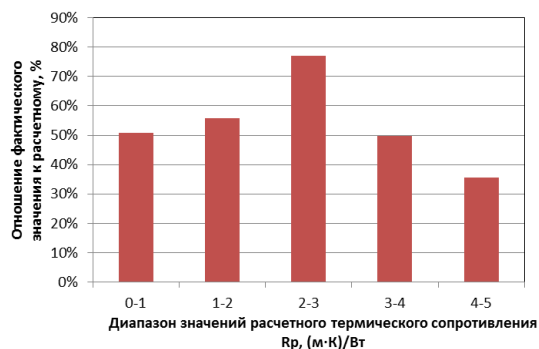


Рис 2. Снижение термического сопротивления в зависимости от:
а) расчётного термического сопротивления; б) количества слоёв

В таблице предоставлено влияние размеров элементов, составляющих ограждающие конструкции, на снижение теплового сопротив-

ления. Как видно из полученных данных, такое влияние не обнаружено.

Таблица 4

Отклонение расчётного термического сопротивления от фактического в зависимости от вида ограждающей конструкции

Вид ограждающей конструкции	Кол-во опытов	Отношение фактического значения к расчётному, %
Сплошная ограждающая конструкция	46	58%
Крупный элемент (блок)	95	62%
Мелкий элемент (кирпич)	13	71%

Так же в работе был проведён анализ влияния отдельных материалов на величину снижения фактического сопротивления по отношению к расчётному. Для этого были определены величины отклонения для разных видов материалов, составляющих ограждающие конструкции. Все полученные данные были объединены в зависимости от типа материалов, присутствующих в исследуемых образцах (табл. 5). Как видно из данных, наибольшее отклонение расчётного термического сопротивления от фактического наблюдается для образцов, содержащих утеплитель.

Таблица 5

Отклонение расчётного термического сопротивления от фактического в зависимости от типа материала

Тип материала, присутствующий в ограждающей конструкции	Количество опытов	Отношение фактического значения к расчётному, %
Утеплитель	34	56%
Кирпичная кладка из сплошного кирпича	12	69%
Бетоны на искусственных пористых заполнителях	78	61%
Кирпичная кладка из пустотного кирпича	17	64%
Бетоны ячеистые	13	71%

Но в отличии от ранее представленных данных, различие в полученных данных для разных материалов незначительно. Следовательно основное влияние на снижение фактического термического сопротивления ограждающих элементов оказывает их конструктивное исполнение, а не применяемые материалы.

Таким образом выбор оптимального конструктивного исполнения ограждающих конструкций позволит достичь максимальной степени энергосбережения. Особенно это важно в индивидуальном строительстве, которое в настоящее время активно развивается в Белгородской области [10], так как в малоэтажных

здания значительно выше коэффициент компактности, чем в многоэтажных. и значит выше удельный расход на отопление при одинаковом конструктивном исполнении ограждающих конструкций и выше перерасход энергии при наличии дефектов в них.

Выводы

1. Основное влияние на снижение фактического (определённого по данным замеров) термического сопротивления ограждающих конструкций по отношению к расчётным (проектным) значениям оказывает их конструктивное исполнение, а не применяемые материалы.

2. Ограждающие конструкции, имеющие монтируемый в процессе строительства слой утеплителя, имеют фактическое сопротивление теплопередачи ниже расчётного. Ограждающие конструкции, выполненные в виде кладки из кирпичей или блоков, а также собираемые в заводских условиях, по теплозащитным характеристикам соответствуют своим заявленным свойствам.

3. Наибольшее отклонение термического сопротивления от расчётного значения наблюдается для стеновых конструкций с утеплителем. При этом на термическое сопротивление влияет способ монтажа утеплителя и место установки пароизоляции. Также ряд производителей заявляют заниженную теплопроводность материалов, что характеризуется значительно более низкими реальными параметрами термического сопротивления для ограждающих конструкций, проектирующихся с повышенными теплозащитными свойствами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Табунщиков Ю.А. Бродач М.М. Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. М: Авок-Пресс, 2003. 200 с.
2. Малявина Е.Г. Теплопотери здания. М.: АВОК, 2007. 144 с.
3. Куцев Л.А., Дронова Г.Л. Пути снижения энергозатрат в жилищно-коммунальном хозяйстве // Вестник Белгородского государственного

ного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. № 2. С. 24-25.

4. Кузнецов А.В. Оценка теплотехнических качеств зданий монолитной конструкции Санкт-Петербурга // Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий: сб. тр. Всерос. Научно-техн. конф. СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. С. 35-43.

5. Гагарин В.Г. Теплофизические свойства современных стеновых ограждающих конструкций многоэтажных зданий // Строительная теплофизика и энергоэффективное проектирование ограждающих конструкций зданий: Сб. тр. II Всерос. научно-техн. конф. СПб., 2009. С. 33-44.

6. Малявина Е.Г. Строительная теплофизика и проблемы утепления современных зданий // АВОК. 2009. №1. С. 4-7.

7. Гурьянов Н.С. Оценка и обеспечение тепловой надёжности наружных стен эксплуатируемых зданий: дис. ...канд. техн. наук: 05.23.03/ Гурьянов Николай Сергеевич. Нижний Новгород, 2003. 232 с.

8. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М., 2012. 96 с.

9. ГОСТ 26254-84 (1994). Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. М., 1994. 34 с.

10. Дёгтев И.А., Лаврик Г.И. Малоэтажное эколого-экономичное жилище для массового строительства в условиях Белгородчины // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2008. № 1. С. 32-34.