

УДК 691:699.86

Солдатов Д.А. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: dimsol@kgasu.ru

Хозин В.Г. – доктор технических наук, профессор

E-mail: khozin@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

### Теплоизоляционные материалы на основе соломы

#### Аннотация

Рассмотрены проблема и состояние строительства соломенных домов. В работе показана перспективность и эффективность использования соломы в качестве теплоизоляционного материала с применением различных видов эффективных связующих веществ. Приводятся требования к соломе как заполнителю и к связующим веществам с точки зрения эксплуатационных и функциональных показателей соломенных теплоизоляционных блоков.

**Ключевые слова:** солома, коэффициент теплопроводности, соломенные блоки, органо-неорганические связующие.

#### Введение

Возведение домов из соломенных блоков является экономически и технически целесообразным в связи с малым уровнем материальных затрат и простой технологией возведения. При этом не исключается проявление самых разнообразных индивидуальных творческих решений.

В практике строительства домов из соломенных блоков можно выделить два основных подхода [1, 2]:

- первый – это использование дополнительного несущего каркаса из дерева, который заполняется соломенными блоками;
- второй подход состоит в том, что несущие стены выкладываются непосредственно из соломенных блоков.

Качество применяемых соломенных блоков и конкретные климатические и другие условия определяют выбор той или иной технологии строительства, однако наиболее часто используется технология создания несущего деревянного каркаса с последующим заполнением его теплоизоляционными блоками.

На основе соломы могут быть с успехом получены теплоизоляционные и конструкционно-теплоизоляционные материалы, которые не являются основным элементом при строительстве зданий и сооружений, а несут только определенные теплозащитные функции. Многочисленные эксперименты показали, что наиболее подходящим сырьем для изготовления теплоизоляционных материалов (ТИМ) являются лигноцеллюлозные сельскохозяйственные отходы, полученные после уборки урожая: камыш, тростник, стебли хлопчатника, виноградная лоза, шелуха хлопковых семян, риса, подсолнечника, солома злаковых культур [3-5].

На практике могут быть реализованы различные варианты теплоизоляционных материалов из соломы:

1. Прошивные маты, скрепленные стальной проволокой;
2. Прессованные плиты на основе переработанной волокнистой соломы;
3. Прессованные плиты из соломы в тюках;
4. Прессованные плиты на основе измельченной (рубленной) соломы.

Прессованные плиты на основе рубленной соломы с применением связующих по своим технологическим, эксплуатационным и технико-экономическим параметрам можно считать наиболее перспективными в сравнении с прошивными матами и плитами на основе переработанной термическим или термохимическим путем волокнистой соломы.

### Объекты и методы исследований

В качестве основных компонентов (наполнителя и связующего) для получения теплоизоляционных материалов были использованы:

- рубленая солома: длина волокна 30-50 мм, диаметр 2-4 мм;
- жидкие стекла – низкомолекулярные и высокомолекулярные (кремнезоли), представляющие водные растворы силикатов натрия, отличающиеся вязкостью, силикатным модулем и содержанием сухого вещества и воды [6].

### Результаты

Плотность и прочность композитов на основе соломы и высокомолекулярного стекла приведены на рис. 1, 2.

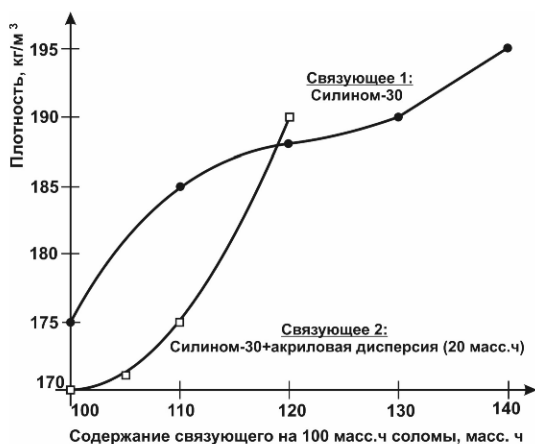


Рис. 1. Зависимости плотности композитов от содержания связующего

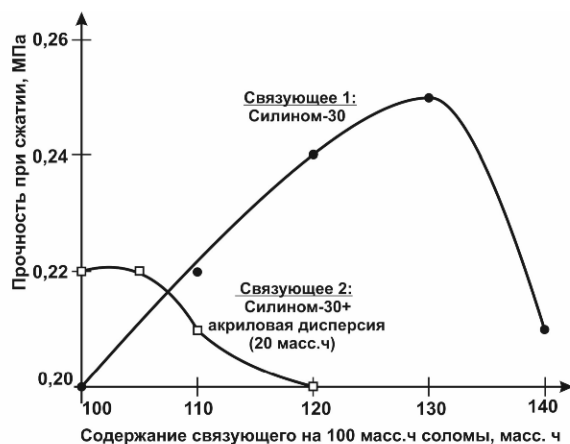


Рис. 2. Зависимости прочности при сжатии композитов от содержания связующего

Из представленных данных следует, что с увеличением содержания связующего (со 100 масс. ч связующего на 100 масс. ч соломы до 120-140 масс. ч) плотность композитов возрастает со 170-175 кг/м<sup>3</sup> (при) до 190-195 кг/м<sup>3</sup>. При этом в случае использования связующего типа 1 (Силином-30) зависимость прочности при сжатии композита от содержания связующего носит экстремальный характер: максимум (0,25 МПа) наблюдается при 130 масс. ч связующего. В случае использования бинарного связующего типа 2 (Силином-30 + 20 масс. ч акриловой дисперсии) максимальной прочностью (0,20 МПа) характеризуются образцы, содержащие 100-105 масс. ч связующего.

Использование низкомолекулярных жидких стёкол в данном случае менее эффективно: полученные образцы характеризуются большей плотностью (220 кг/м<sup>3</sup>) и меньшей водостойкостью при том же значении механической прочности.

В качестве оптимальных составов нами были выбраны составы связующих, обладающие относительно невысокой плотностью, высокой прочностью и минимальным водопоглощением.

В табл. 1 приведены характеристики разработанных композитов оптимальных составов и торфоплит, рассматриваемых в качестве аналога.

Таблица 1

Свойства ТИМ на основе соломы и торфоплит

Свойства	Связующее		Торфоплита
	Силином-30	Силином-30+ акриловая дисперсия	
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	190	170	170-220
Коэффициент теплопроводности, Вт/м <sup>0</sup> С	0,052	0,048	0,056-0,075
Прочность при сжатии, МПа	0,24	0,22	0,1-0,5
Прочность при изгибе, МПа	0,27	0,17	0,3
Водопоглощение, % за 24 часа	17,0	14,0	170
Сорбционное увлажнение, % за 24 часа	2,8	2,2	12
Горючесть	Негорючий		Горючий

По сравнению с торфоплитами полученные материалы на основе соломы и высокомодульного стекла при том же уровне прочностных характеристик обладают значительно большей водостойкостью (водопоглощение меньше в 10-12 раз) и огнестойкостью (являются негорючими материалами в отличие от торфоплит).

Если сравнивать разработанные материалы с фибролитом и арболитом, то следует отметить значительно более высокую плотность и теплопроводность последних (плотность от 400 кг/м<sup>3</sup>, коэффициент теплопроводности – от 0,08 Вт/м<sup>0</sup>С), что свидетельствует об их меньшей теплоизоляционной эффективности. Кроме того, водопоглощение за 24 часа арболита и фибролита составляет 35-85 % по массе.

Из проведённого анализа можно сделать вывод о высокой технической эффективности полученных композитов (по основным эксплуатационно-техническим характеристикам) над существующими на рынке материалами аналогичного строения.

Значительный вклад в оптимизацию структуры и свойств исследуемых композитов вносят параметры наполнителя, в данном случае, рубленой соломы, как каркасообразующего элемента. Механические показатели теплоизоляционного материала в основном определяются адгезионной прочностью в системе «связующее – соломенный наполнитель».

Поэтому далее нами было изучено влияние фракционного состава рубленой соломы на процессы структурообразования и комплекс характеристик теплоизоляционного материала.

Для проведения сравнительного анализа были выбраны образцы с одинаковой плотностью. Оказалось, что длина соломенного наполнителя (варьировалась от 20 до 50 мм) влияет на свойства полученных композитов: наблюдаются линейные зависимости увеличения механической прочности и снижения водопоглощения образцов при увеличении длины наполнителя. В связи с этим в целях улучшения свойств плит в технологии после дробления соломы необходимо предусмотреть удаление фракции менее 20 мм путем механического отсева.

С учётом результатов экспериментальных исследований предложены два варианта технологических режимов изготовления ТИМ на основе рубленой соломы и неорганического связующего [7]:

- 1 вариант – конвейерная линия, где ковер непрерывно укладывается на ленту, проходит тепловую обработку в туннельной камере и режется на плиты требуемого размера;
- 2 вариант – агрегатно-поточная линия. Сырьевая масса укладывается в формы с фиксируемыми крышками, которые подаются в сушильную камеру или на многоэтажный пресс горячего типа, по окончании процесса тепловой обработки производится распалубка готовых изделий, чистка и подготовка форм и процесс повторяется. Данная технология наиболее проста в изготовлении, обслуживании и может получить наибольшее распространение на малых предприятиях.

В таблице 2 представлен сравнительный анализ свойств разработанных плит на основе рубленой соломы и неорганического связующего и минераловатных плит повышенной жесткости. По показателям плотности и теплопроводности материалы, приведенные в таблице, близки, однако разработанные материалы отличаются в 1,5-2 раза меньшим водопоглощением и большей прочностью на сжатие при 10 %-ной деформации (после сорбционного увлажнения). Так, водопоглощение по массе за 24 часа для плит на основе соломы и жидкостеклового связующего не превышает 17 %, а для минераловатных плит повышенной жесткости составляет не более 30 %.

Таблица 2

**Характеристики разработанных теплоизоляционных плит  
и минераловатных плит повышенной жесткости**

Материал	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие при 10%-ной деформации, МПа (после сорбционного увлажнения)	Коэффициент теплопроводности при 25 <sup>0</sup> С, Вт/м <sup>0</sup> С
Плита из рубленой соломы и жидкостеклового связующего	200	не менее 0,35 (0,30)	не более 0,052
Минераловатная плита	200 ±25	не менее 0,1 (0,08)	не более 0,052

## Заключение

Известные теплоизоляционно-конструкционные материалы аналогичного строения значительно уступают разработанным по теплозащитным характеристикам и гигроскопичности. Будучи трудногорючими, достаточно водостойкими, относительно прочными и, в то же время, с эффективными теплоизолирующими свойствами разработанные материалы могут быть рекомендованы к применению для теплоизоляции зданий.

## Список литературы

1. Широков Е. Экодом из соломы. Белорусский вариант // Экологический дизайн, 2000, № 1.
2. Попов Б. Дома из соломенных блоков. Свежий взгляд на проблему строительных материалов. Центр Пермакультуры. – Киев, 1961. – С. 18.
3. Баум М.Ю., Новак Н.П. Изготовление стружечных плит из виноградной лозы // Реф. информ. «Фанера и плиты», 1971, № 10. – С. 9-10.
4. Курдюмова В.М. Материалы и конструкции из отходов растительного сырья. – Фрунзе: Кыргызстан, 1990. – 110 с.
5. Стравчинский А.Е., Замесова И.Ф., Румако Т.К. Строительные материалы из растительных отходов // Тез. докл. совещания по вопросу использования отходов промышленности в производстве строительных материалов, 1968. – Фрунзе. – С. 37-39.
6. Солдатов Д.А., Петров А.Н., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г. Водостойкие ТИМ на основе водных дисперсий на основе отходов растительного сырья. / Межд. сборник научных трудов «Эффективные материалы и технологии в сельском строительстве». – Новосибирск, 1999. – С. 120-123.
7. Хозин В.Г., Шекуров В.Н., Петров А.Н., Шишкин А.Б. Комплексное использование растительного сырья при производстве строительных материалов // Строительные материалы, 1997, № 9. – С. 22.

**Soldatov D.A.** – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: [dimsol@kgasu.ru](mailto:dimsol@kgasu.ru)

**Khazin V.G.** – doctor of technical sciences, professor

E-mail: [khazin@kgasu.ru](mailto:khazin@kgasu.ru)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

## Heat-insulating materials on the basis of straw

### Resume

Straw bale house building is a perspective technique. First of all it is connected with the low level of construction costs and the simplicity of construction.

In practice various variants of heat-insulating materials from straw can be implemented:

1. stitched mats, fixed with a steel wire;
2. pressed slabs on the basis of recycled fibrous straw;
3. pressed slabs from bales of straw;
4. pressed slabs on the basis of chopped straw.

Pressed slabs on the basis of chopped straw with the use of binders, according to their technological, exploitative, technical and economic indicators, are considered to be the most promising in comparison with the stitched mats and slabs, made on the basis of processed thermal and thermo-chemical way of fibrous straw.

As the binder in heat insulating materials was analyzed liquid glass and «silica sol» – highly modular liquid glass, that differs from each other by viscosity, silicate module and a dry matter content.

On the basis of the obtained experimental data various variants of the production technology of heat-insulating slabs on the basis of chopped straw and liquid glass as a binder

are worked out. First variant is the conveyor line, where the carpet continuously fit on the tape, passes thermal processing in the tunnel camera and is cut on the slabs of the desired size. Second variant is the aggregate-production line. The raw material mass is fitted in the form with fixed lids, which are served in the kiln or to a multi-press hot type. At the end of the process of thermal treatment strip of finished products cleaning and preparation of forms is performed, and the process is repeated. This technology is the simplest in manufacturing, service and can be the most widespread way in small enterprises.

For technical specifications, the boards of chopped straw close to the boards of the increased rigidity of mineral cotton wool, but they surpass them on durability, water resistance, sanitary-and-hygienic indicators.

Being fire resistant substance, enough water resistant, relatively stable and, at the same time, with effective insulation characteristics, developed materials can be recommended for application for thermal insulation of buildings.

**Keywords:** straw, thermal conductivity, straw bales, organic and non-organic binders.

### References

1. Shirokov E. Straw Ecohouse. Belorussian variant. // Ecological design, 2000, № 1.
2. Popov B. Houses made of straw bales. Fresh view on the problem of construction materials. Permaculture Center. – Kiev, 1961. – P. 18.
3. Baum M.U., Novak N.P. The production of chipboards from the vine / Abstracts. «Plywood and Plate», 1971, № 10. – P. 9-10.
4. Kurduymova V.M. Materials and design from vegetable raw material waste. – Frunze: Kirgizstan, 1990. – 110 p.
5. Stravchinskiy A.E., Zamesova I.F., Rumako T.K. Building materials made of vegetable wastes // Thesis of the report of a session on issue of the use of industrial wastes in building materials, 1968, Frunze. – P. 37-39.
6. Soldatov D.A., Petrov A.N., Abdrahmanova L.A., Khozin V.G. Water-resistant heat-insulating materials on the basis of water dispersions on the basis of the vegetable raw materials, international collection of scientific works «Effective materials and technologies in agriculture construction». – Novosibirsk, 1999. – P. 120-123.
7. Khozin V.G., Shekurov V.N., Petrov A.N., Shishkin A.B. Complex usage of vegetable raw materials in the production of building materials // Building materials, 1997, № 9. – P. 22.