

**FEATURES OF BUILDING MASSIVE FOUNDATIONS
WITH CONSIDERING OF DIFFERENT FACTORS
AFFECTING CONTINUOUS PRODUCTION OF WORK**

N. SHPILEUSKAYA, A. SHVEDAU

When building massive foundations, it is necessary to carefully work out the project for the production of works, which should be consider a number of different factors, such as: the choice of the method of concreting, to determine, based on the capabilities of the plant, the number of vehicles, to choose concrete-laying means, layer thickness, time of overlapping of layers, etc.

Keywords: *cold joint, continuous concreting, massive foundations, transportation and laying of concrete mix.*

УДК 666.973.2

**СЫРЬЕВАЯ БАЗА ВИТЕБСКОГО РЕГИОНА
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОЛОКНИСТЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*С.А. РОМАНОВСКИЙ, канд. техн. наук, доц. А.А. БАКАТОВИЧ,
канд. техн. наук, доц. Н.В. ДАВЫДЕНКО
(Полоцкий государственный университет)*

Приведены результаты исследований теплоизоляционных материалов из волокон растительном сырья, произрастающего в Витебском регионе. Предложено использовать в качестве волокнистых заполнителей для изготовления утеплителей – льняные очесы, волокна льна и волокна крапивы. Проведен комплекс исследований по подбору составов теплоизоляционных материалов с определением основных физико-механических показателей. Результаты проведенных испытаний свидетельствуют о наибольшей эффективности теплоизоляционных материалов из очесов волокна льна по сравнению с утеплителями на основе льняных волокон и волокон крапивы.

Ключевые слова: *льняные очесы, волокно льна, волокно крапивы, теплоизоляционные материалы, физико-механические характеристики.*

Развитие экологического «зеленого» строительства за последние годы в значительной степени изменило самосознание многих застройщиков и теперь наряду с традиционными показателями качества к возводимым зданиям, часто предъявляют требования по экологической безопасности объектов. Необходимо отметить, что строительная отрасль как в Беларуси, так и в других странах не всегда готова обеспечить экологические требования заказчиков. В первую очередь данная проблема связана с ограниченным наличием и выпуском экологически чистых строительных материалов. Наибольшие проблемы производственного сектора связаны с изготовлением теплоизоляционных материалов, так как традиционные утеплители (пенополистирол и минеральная вата) не отвечают требованиям по экологии. Одним из решений сложившейся ситуации на рынке теплоизоляционных плитных материалов является использование растительного сырья природного или сельскохозяйственного происхождения в комплексе с экологически безопасными вяжущими.

Задача исследований, проведенных в лабораториях кафедры строительного производства Полоцкого государственного университета, заключалась в получении экологически чистых эффективных теплоизоляционных материалов на основе растительной сырьевой базы Витебского региона. Основным параметром выбора экспериментального материала являлась многотоннажность сырья.

Одной из ведущих технических культур сельского хозяйства в Республике Беларусь является лен-долгунец. В Беларуси сосредоточено около 16% мировых посевов льна, или более 20% льняных посевов на Европейском континенте. Лен-долгунец высевается во всех регионах Беларуси, но наиболее крупные посевные площади (31,6% от всех посевов) приходятся на Витебскую область [1, с. 516]. В 2017 году урожайность льноволокна составила 9,2 ц/га, наибольшая урожайность отмечалась в 2014 году – 10,7 ц/га.

Сбор урожая и дальнейшая переработка льна для получения льняных волокон является достаточно трудоемким процессом. При уборке льна комбайнами производится механизированный расстил соломки на льнище. Отделению волокнистой части стебля от древесины способствует роса, дожди и тепло, разрушающие соединительные ткани. Далее льняное сырье поступает на льнозаводы для первичной перера-

ботки льна [2, с. 29]. При обработке льняной тресты свыше одной трети всего волокна уходит в отходы трепания. После обычного протряхивания от костры часть отходов сдаётся на заготовительный пункт как пакля. Большую часть отходов тщательно обрабатывают в потоке на специальной линии машин по производству короткого волокна, состоящей из специальной сушилки, трясилки, куделеприготовительной машины. Здесь льняные отходы окончательно очищают от древесины. Для повышения качества волокна, чистое короткое и длинное волокно после оценки и подвязки отвозят на склад для отлежки. Затем волокно проходит контрольную сортировку и отправляется на льняные комбинаты или фабрики [3, с. 544]. В результате чесания трепаного льна получают от 45 до 55% чесаного льна, 40–50% очесов и около 5% костры. Из очесов волокна льна изготавливают материалы для производства широкого ассортимента тканей технического и бытового назначения: обивочных, тарных, портьерных, мебельных и пр. Также очесы льна применяют для получения основы под отделочные материалы и напольные покрытия. Не подвергнутые прядению очесы используют для уплотнения резьбовых соединений трубопроводов [38]. Таким образом, очесы льна имеют достаточно широкое применение, однако поиск путей максимального эффективного использования очесов для среды обитания человека на сегодняшний день остаётся открытым вопросом.

В Беларуси также может иметь перспективу использование волокон, получаемых из стеблей крапивы-двудомной. Данное растение выращивается для кормовых целей и обладает богатым природным генофондом, благодатной основой для селекции [5, с. 3]. По кормовой питательности крапива близка к бобовым растениям и обладает высокой кормовой ценностью. Достоинства крапивы-двудомной состоят еще и в том, что при одинаковых факторах выращивания обеспечивается урожайность в 1,5–2 раза выше традиционных культур. Как высокоурожайную и полноценную кормовую систему крапиву выращивают в странах Балтии, Германии, США, Швеции и в отдельных сельскохозяйственных предприятиях Беларуси. В качестве кормовой культуры также широко используют крапиву коноплевидную. С каждого засеянного 1 раз в 8–10 лет гектара получают по 800–1000 ц/га зеленой массы, а при орошении – еще больше. Крапива достигает в высоту 120–150 см. Необходимо отметить, что для получения кормовой системы используют только листья крапивы, тогда как волокнистые стебли являются отходом производства, получившие различное применение в разных странах. К примеру, сырое волокно китайской крапивы «Рами» используют при изготовлении веревок и канатов. Из переработанного, котонизированного волокна крапивы в Англии, Франции и Германии выработывают столовое белье, кружева, трикотажные изделия и др. [6].

Основные физико-механические характеристики теплоизоляционных материалов на основе растительных волокон приведены в таблице 1.

Таблица 1. – Физико-механические показатели теплоизоляционных материалов

№ состава	Расход компонентов в % на 1 м ³						Средняя плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/(м·°С)	Прочность на сжатие при 10% деформации, ×10 ⁻² МПа
	очесы льна	волокна льна	волокна крапивы	жидкое стекло	известь	гипс			
1	77,8	-	-	20	1,1	1,1	45	0,042	0,1
2	83,4	-	-	15	0,8	0,8	60	0,039	0,16
3	86,7	-	-	11,9	0,7	0,7	75	0,036	0,23
4	88,9	-	-	9,9	0,6	0,6	90	0,037	0,26
5	90,5	-	-	8,5	0,5	0,5	105	0,039	0,33
6	91,7	-	-	7,5	0,4	0,4	120	0,042	0,41
7	-	77,8	-	20	1,1	1,1	45	0,049	0,16
8	-	83,3	-	15	0,8	0,8	60	0,045	0,26
9	-	86,7	-	11,9	0,7	0,7	75	0,042	0,33
10	-	88,9	-	9,9	0,6	0,6	90	0,043	0,38
11	-	90,5	-	8,5	0,5	0,5	105	0,047	0,45
12	-	91,7	-	7,5	0,4	0,4	120	0,05	0,53
13	-	-	77,8	20	1,1	1,1	45	0,043	0,08
14	-	-	83,3	15	0,8	0,8	60	0,04	0,13
15	-	-	86,7	11,9	0,7	0,7	75	0,036	0,2
16	-	-	88,9	9,9	0,6	0,6	90	0,037	0,22
17	-	-	90,5	8,5	0,5	0,5	105	0,04	0,3
18	-	-	91,7	7,5	0,4	0,4	120	0,044	0,37

Первоначально для определения физико-механических показателей утеплителей варьировали среднюю плотность от 45 до 120 кг/м³ при постоянном расходе вяжущего. В качестве экологически безопасного и безвредного для здоровья человека связующего выбрано натриевое жидкое стекло, обеспечивающее снижение горючести и повышающее стойкость материала к повреждению грызунами. Для повышения нерастворимости жидкого стекла использовали неорганические добавки извести и гипса.

При изготовлении исследуемых образцов соблюдали определенную последовательность выполнения технологических операций. Предварительно производили дозировку компонентов. Затем в жидкое стекло вводили добавки и перемешивали, при этом сначала добавляли известь, а после гипс. Образцы из очесов льна или волокон крапивы изготавливали перемешиванием модифицированного жидкого стекла и волокнистого наполнителя. Утеплитель на основе волокон льна получали послойной пропиткой модифицированным жидким стеклом полотен из волокон. Образцы выдерживали в форме 6 часов при температуре 20±2 °С, а затем высушивали в течение 4 часов в сушильном шкафу при температуре 45–55 °С.

Среднюю плотность и теплопроводность определяли согласно ГОСТ 17177 [7, с. 56] и СТБ 1618 [8, с. 9] соответственно на образцах-плитах размером 250×250×50 мм. Прочность на сжатие при 10% деформации исследовали на образцах-кубах размером 100×100×100 мм по ГОСТ 17177 [7, с. 56].

Анализ полученных экспериментальных данных (табл. 1) позволяет сделать вывод, что увеличение плотности до 75 кг/м³ при постоянном расходе вяжущего и добавок приводит к уменьшению коэффициента теплопроводности, а дальнейшее повышение средней плотности вызывает увеличение показателя теплопроводности. Например, для теплоизоляционных материалов на основе очесов волокон льна при плотности 120 кг/м³ (состав 6) коэффициент теплопроводности составляет 0,042 Вт/(м·°С), а уменьшение средней плотности до 75 кг/м³ (состав 3) обеспечивает снижение теплопроводности на 14%. Дальнейшее понижение плотности на 40% до 45 кг/м³ (состав 1) влечет за собой повышение коэффициента теплопроводности на 17%.

При минимальной плотности 45 кг/м³ (состав 7) теплопроводность материала из волокон льна достигает 0,049 Вт/(м·°С), а снижение коэффициента теплопроводности до 0,042 Вт/(м·°С) происходит при увеличении средней плотности в 1,7 раза (состав 9). Повышение плотности до 120 кг/м³ (состав 12) приводит к росту коэффициента теплопроводности на 19%.

Наименьшее значение коэффициента теплопроводности 0,036 Вт/(м·°С) соответствует плотности 75 кг/м³ (состав 15) для теплоизоляционных плит на основе волокон крапивы, но при уменьшении плотности в 1,7 раза (состав 13) или увеличении средней плотности в 1,6 раза (состав 18) происходит прирост показателя теплопроводности на 19% и 22% соответственно.

Также установлено, что наименьшим коэффициентом теплопроводности из полученных теплоизоляционных материалов обладают плиты на основе льняных очесов или волокон крапивы, равным 0,036 Вт/(м·°С) при плотности 75 кг/м³ (составы 3, 15). Замена льняных очесов или волокон крапивы волокнами льна приводит к повышению теплопроводности на 17% до 0,042 Вт/(м·°С) (состав 9).

Полученные данные также свидетельствуют о том, что увеличение плотности за счет изменения дозировки наполнителя при постоянном расходе связующего и добавок приводит к существенному увеличению прочности на сжатие для всех исследуемых образцов. Так для образцов на основе очесов льна (состав 6) прочность достигает наибольшего значения 0,41·10² МПа, что превышает показатель состава 1 в 4,1 раза, при этом коэффициент теплопроводности состава 1 и состава 6 равен 0,042 Вт/(м·°С).

Для средней плотности 45 кг/м³ для состава 7 на наполнители из волокон льна прочность на сжатие составляет 0,16·10² МПа, что в 3,3 раза ниже прочности состава 12 при плотности 120 кг/м³.

Значение прочности на сжатие при 10% деформации равно 0,37·10² МПа при максимальной средней плотности 120 кг/м³ (состав 18) для плит на основе волокон крапивы, т.е. увеличивается в 4,6 раза по сравнению с показателем состава 13.

Необходимо отметить, что наибольшей прочностью на сжатие при 10% деформации обладают плиты из волокон льна. Например, при плотности 75 кг/м³ (состав 9) прочность на сжатие составляет 0,33·10² МПа. Замена волокон льна льняными очесами или волокнами крапивы приводит к снижению прочности на 30% и 39% соответственно (составы 3, 15).

С учетом отсутствия на территории Беларуси технологии сбора, переработки и получения волокон крапивы в промышленном масштабе, наиболее оптимальным решением задачи по получению эффективного утеплителя из растительного сырья, не содержащего в составе органического, синтетического связующего, обеспечивающего пониженную горючесть и экологичность, является использование очесов и волокон льна.

На втором этапе изучали влияние расхода модифицированного жидкого натриевого стекла на физико-механические показатели теплоизоляционных плит из очесов или волокон льна. В исследованиях варьировали среднюю плотность от 70 до 85 кг/м³, изменяя расход вяжущего, при постоянном количестве наполнителя, соответствующего составам 3 и 9 (табл. 1). Количественный состав и средняя плотность теплоизоляционных плит представлены в таблице 2. Зависимости теплопроводности и прочности на сжатие при 10% деформации от средней плотности утеплителей показаны на рисунках 1 и 2.

Таблица 2. – Количественный состав и средняя плотность теплоизоляционных плит

№ состава	Расход компонентов в % на 1 м ³					Средняя плотность, кг/м ³
	очесы льна	волокна льна	жидкое стекло	известь	гипс	
1	92,9	-	6,5	0,3	0,3	70
2	86,7	-	11,9	0,7	0,7	75
3	81,2	-	17	0,9	0,9	80
4	76,5	-	21,1	1,2	1,2	85
5	-	92,9	6,5	0,3	0,3	70
6	-	86,7	11,9	0,7	0,7	75
7	-	81,2	17	0,9	0,9	80
8	-	76,5	21,1	1,2	1,2	85

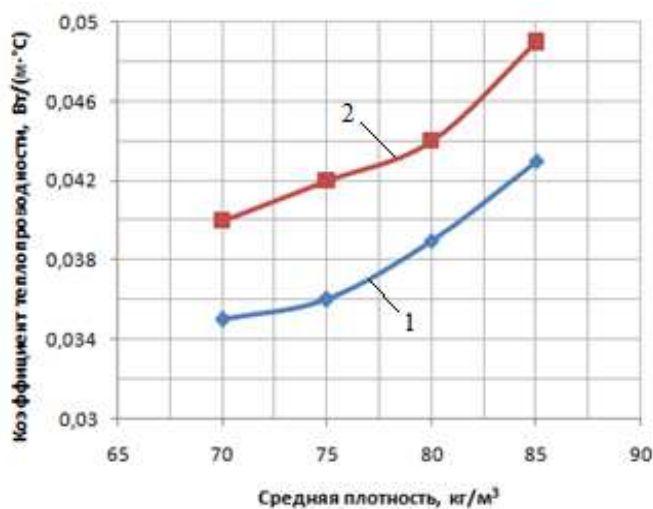


Рисунок 1. – Зависимость теплопроводности утеплителей от средней плотности: 1 – для составов 1–4; 2 – для составов 5–8

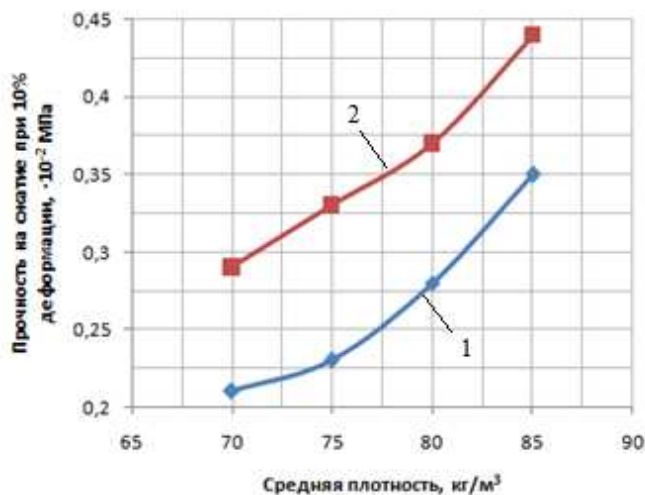


Рисунок 2. – Зависимость прочности на сжатие при 10% деформации от средней плотности: 1 – для составов 1–4; 2 – для составов 5–8

Полученные данные (см. рис. 1) свидетельствуют о том, что наилучшими показателями теплопроводности характеризуются образцы с наименьшим расходом вяжущего. При этом, теплопроводность материала на основе льняных волокон (состав 5) при плотности 70 кг/м³ равна 0,04 Вт/(м·°С) и превышает на 14 % показатель плит из очесов льна (состав 1). Увеличение средней плотности от 70 до 85 кг/м³ при постоянной массе заполнителя за счет повышения расхода жидкого стекла приводит к возрастанию коэффициента теплопроводности утеплителей из очесов и волокон льна на 23% до 0,043 и 0,049 Вт/(м·°С) соответственно.

Наибольшей прочностью в исследуемом диапазоне плотностей характеризуются теплоизоляционные материалы на основе волокон льна. Так, при плотности утеплителя из льняных волокон 85 кг/м^3 (состав 8), прочность на сжатие составляет $0,44 \cdot 10^{-2}$ МПа, что на 26% больше, чем показатель плит на основе очесов льна (состав 4), равный $0,35 \cdot 10^{-2}$ МПа. Также установлено, что с увеличением расхода модифицированного жидкого стекла происходит значительное повышение прочности на сжатие при 10% деформации. Так, при возрастании плотности с 70 до 85 кг/м^3 прочность утеплителя из очесов льна возрастает на 67%, а из льняных волокон на 52%.

Заключение. Проведенные исследования подтвердили возможность применения заполнителей из волокон, получаемых из растительного сырья, произрастающего в Витебском регионе, для получения эффективных теплоизоляционных материалов. Утеплители на основе рассматриваемых заполнителей, содержащие жидкое натриевое стекло с добавками извести и гипса являются экологически чистыми и безопасными для здоровья человека.

Следует отметить, что доминирующим показателем для теплоизоляционных материалов с низкой плотностью является показатель теплопроводности, а величина прочности в силу малых значений относится к второстепенным характеристикам. Поэтому результаты проведенных испытаний свидетельствуют о наибольшей эффективности теплоизоляционных материалов из очесов волокна льна по сравнению с утеплителями на основе льняных волокон и волокон крапивы. Полученные теплоизоляционные плиты из очесов волокна льна характеризуются теплопроводностью $0,035\text{--}0,039 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ и прочностью на сжатие при 10% деформации $0,1610^{-2}\text{--}0,35 \cdot 10^{-2}$ МПа при плотности $60\text{--}105 \text{ кг/м}^3$. Также применение очесов волокна льна для изготовления утеплителей решает проблему утилизации растительных отходов льнопереработки и расширяет номенклатуру эффективных утеплителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цыганов, А.Р. Современное состояние растениеводства Республики Беларусь / А.Р. Цыганов, Л.А. Веремейчик // Научные инновации – аграрному производству : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию юбилею Омского ГАУ, Омск, 21 февр. 2018 г. / Ом. гос. аграр. ун-т им. П.А. Столыпина, 2018. – С. 515–520.
2. Живетин, В.В. Лен. Вчера, сегодня, завтра / В.В. Живетин, Л.Н. Гинзбург, А.И. Рыжов. – М. : Колос, 1967. – 29 с.
3. Рогаш, А.Р. Льноводство / А.Р. Рогаш, Н.Г. Абрамов, Я.А. Лебедев. – М. : Пилиграм, 1995. – 544 с.
4. Очёсы льняные из длинного льноволокна [Электронный ресурс] / Flagma. – Режим доступа: <https://minsk.flagma.by/ochyosy-lyanyue-dlinnogo-lnovolokna-o1858990.html/>. – Дата доступа: 17.10.2018.
5. Яковчик, Н.С. Крапива как нетрадиционный корм в животноводстве / Н.С. Яковчик, С.Г. Яковчик // Наше сельское хозяйство. – 2017. – С. 2–5.
6. Рами – китайская крапива [Электронный ресурс] / AzbukaMetalla. – Режим доступа: <http://azbukametalla.ru/entsiklopediya/r/rami-kitajskaya-krapiva.html/>. – Дата доступа: 17.10.2018 г.
7. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний : ГОСТ 17177-94. – Введ. 22.08.1995. – Минск : Минстройархитектура. – 1996. – 56 с.
8. Материалы и изделия строительные. Методы определения теплопроводности при стационарном тепловом режиме : СТБ 1618-2006. – Введ. 24.03.2006. – Минск : Минстройархитектура. – 2006. – 9 с.

RAW MATERIAL BASE OF THE VITEBSK REGION FOR THE PRODUCTION OF FIBROUS HEAT-INSULATING MATERIALS

S. ROMANOVSKIY, A. BAKATOVICH, N. DAVYDENKO

The results of studies of heat-insulating materials from fibers of vegetable raw materials grown in the Vitebsk region are given. It is proposed to use as fiber fillers for the manufacture of insulation - linen noils, flax fiber and nettle fiber. A complex of studies on the selection of compositions of heat-insulating materials with the definition of basic physico-mechanical parameters. The results of the tests indicate the highest efficiency of heat-insulating materials from flax fiber noils in comparison with insulants based on flax and nettle fibers.

Keywords: flax noils, flax fiber, nettle fiber, heat-insulation materials, physico-mechanical characteristics.