

УДК 502.174

*Николаев Д.Ю., аспирант кафедры машиностроения,
Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский)
федеральный университет»*

*Совков С.А., старший преподаватель кафедры строительства,
Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский)
федеральный университет»*

*Мухин А.М., доцент кафедры строительства, Набережночелнинский
институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный
университет»*

*Валиев А.М., доцент кафедры машиностроения, Набережночелнинский
институт ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный
университет»*

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЦИКЛИНГА В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН ВОЛОКНО-СОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ В ТЕПЛО-, ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

*Аннотация: Рассмотрена технология рециклинга отходов, основанные на
переработке соломы злаковых культур в теплоизоляционный материал по
эффективности, не уступающий известным маркам, но существенно в 2-
2,5 раза экономичнее в производстве*

*Ключевые слова: теплоизоляционные плиты, отходы
волокнистосодержащего сырья, жидкое стекло натриевого, антипиреновые
добавки, масса, металлические формы*

Производство продукции растениеводства на предприятиях АПК РТ сопровождается большим количеством отходов волокнистосодержащего сырья недревесного происхождения. К такому виду сырья, в частности, относятся длиноволокнистые отходы таких растений как лен, конопля, тростник. Солома злаков относится к коротковолокнистым отходам, является самым крупнотоннажным природным сырьем, объемы которого ориентировочно можно оценить исходя из урожая зерна и данных, приведенных в таблице 1. Данные в таблице 1 приведены для урожая зерновых на предприятиях АПК РТ в 2022 г.

Таблица 1

Объемы образующихся отходов и соотношения массы зерна к массе соломы злаков (Республика Татарстан, 2022 г.)

Зерновая культура	Урожай зерна, млн. тонн	Масса зерна/ Масса соломы	Масса соломы
Пшеница	2,8	1/ 1,8	1,56
Ячмень	1,6	1/ 1,5	1,06
Овес	0,15	1/ 1,5	0,1
Рожь	0,3	1/ 2,0	0,15

Таким образом, оценка количества образующихся в РТ волокно-содержащих отходов наиболее распространенных культур показывает, что в 2022 г. их масса составила порядка 3 млн. тонн.

Судя по химическому составу отходов растениеводства (соломы), приведенному в таблице 2, они являются источником ценных для экономики страны веществ.

Таблица 2

Химический состав недревесных отходов растительного сырья (масс %)

Вид отходов	Целлюлоза	Лигнин	Пентозаны	Зола
Солома пшеницы	35-49	24,5	19-30	4,0 – 5,5
Солома ржи	40-50	23	27-29	3 – 4

В составе золы (табл. 3) недревесных волокносодержащих растений содержится относительно высокое содержание азотосодержащих соединений и неорганических элементов, которые могут служить хорошими удобрениями.

Таблица 3

Химический состав золы отходов (соломы зерновых), % от массы сухого сырья

Вид отходов (солома)	Зола	N	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	CaO	MgO
Рожь	4	0,45	1,0	0,26	0,16	0,29	0,09
Пшеница	3,5	0,67	0,35	0,2	0,18	0,26	0,09
Ячмень	4,5	0,5	1,0	0,2	0,18	0,33	0,09

Таким образом, отходы недревесного коротковолокнистого сырья по причине образования больших объемов, содержанию ценных химических элементов и физико-механическим свойствам могут быть перспективным сырьем для их рециклинга, т.е. повторного использования в экономике страны, что является экологичной и экономически целесообразной альтернативой их нерациональной утилизации.

Зачастую отходы растениеводства (солома) используются в качестве корма сельскохозяйственных животных. Однако, вследствие невысокой пищевой ценности ее потребление для этих целей не превышает 5-10% от общей массы. Значительные объемы (50-60%) подвергаются гниению, сжиганию и утилизации закапыванием в почву, что наносит экологический ущерб окружающей среде.

Достаточно распространенным направлением рециклинга соломы является «мокрый» способ получения волокнистого полуфабриката (ВП) [1]. Технологическая схема рециклинга соломы в ВП включает в себя следующие процессы: измельчение на отрезки 10-30 см; интенсивное перемешивание в пульпообразователе с определенным объемом воды; перемещение пульпы в бассейн для водонасыщения сечки соломы до 30%; последующая подача пульпы в реакторный объем, далее в гидродинамический сепаратор для отделения волокна требуемого размера от воды.

Пульпа с отсепарированным волокном подается на гидравлический пресс или центрифугу. Конечный продукт рециклинга по «мокрой» технологии – брикет (ВП) или гранулообразная масса после центрифуги.

Из (ВП) в процессе последующей обработки могут быть произведены [2, 3, 4, 5]:

- Механическая целлюлоза
- Наполнитель для производства пластмасс;
- Плитные изделия типа ДВП, ДСП;
- Теплозвукоизоляционные материалы (ТЗИМ) типа эковаты, плит и т.п.

Как альтернатива производства теплозвукоизоляционных материалов из (ВП), получаемого «мокрым» способом предлагается «сухой» способ, который менее энерго- и водозатратен [6].

Технологическая схема производства теплозвукоизоляционных плит из сечки соломы приведена на рис. 1.

Вначале солома со склада измельчается до 25-40 мм и перемещается в промежуточный бункер. Из бункера подается в смеситель, где через форсунки смачивается жидким связующим.

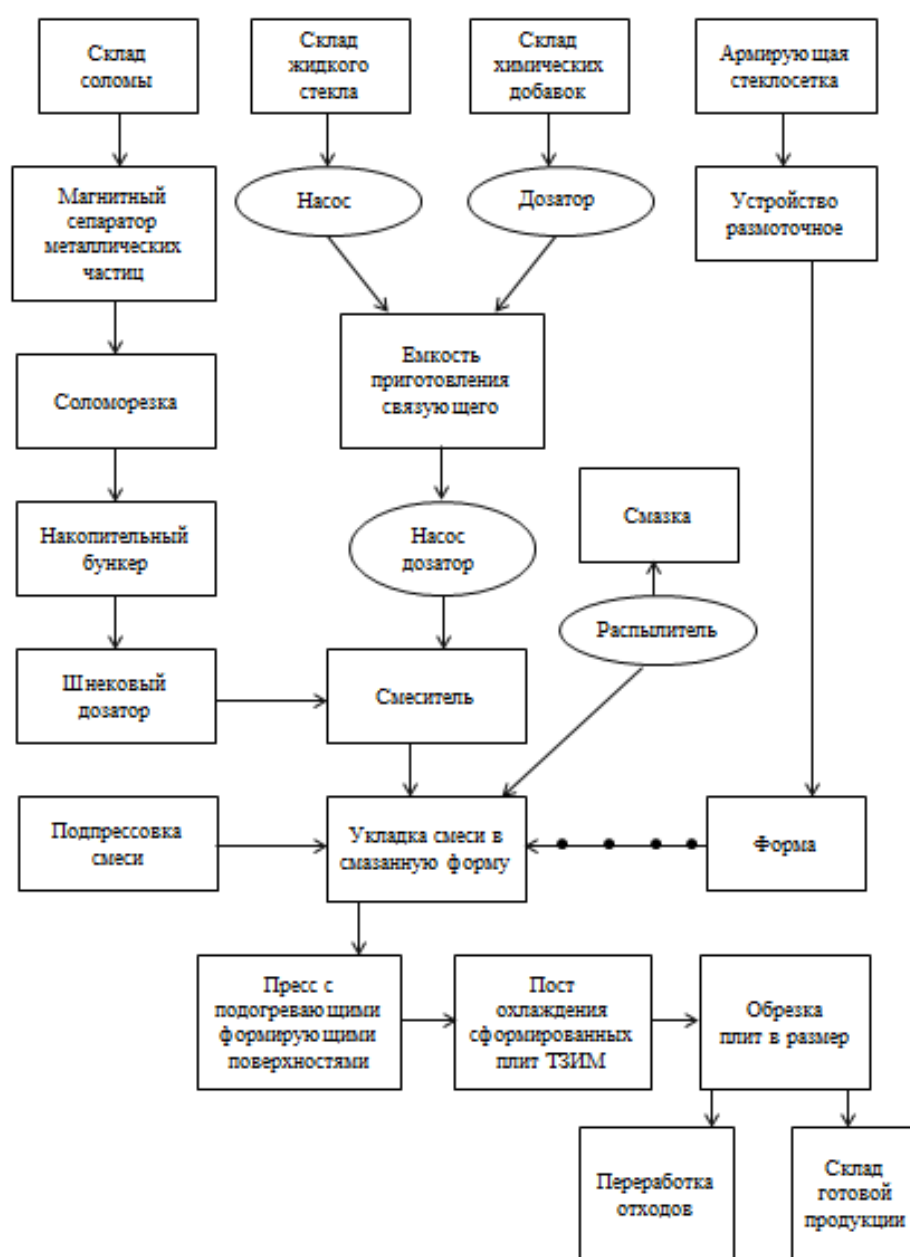


Рис. 1. Технологическая схема изготовления ТЗИМ из отходов растениеводства

Связующее приготавливается в емкости, куда поступает жидкое стекло натриевое, антипиреновые и другие добавки.

Насыщенная связующим масса закладывается в смазанные машинным маслом металлические формы, на дно которых уложена стеклосетка X-GlassPro щелочестойкая, армирующая. Смесь разравнивается и предварительно уплотняется. После чего формы подаются к прессу, разогретые формирующие поверхности которого оказывают давление на загруженную в формы массу, формируя требуемую толщину плит. Давление осуществляется до полимеризации связующего, в результате чего рыхлая заготовка превращается в монолит. По окончании прессования отформованные плиты остывают и при необходимости подвергаются разрезке на требуемые размеры.

На промышленной установке размеры изготавливаемых теплоизоляционных плит будут составлять 1200х600х100 мм, плотность плит 250-300 кг/м³.

Технико-экономическая оценка производства теплоизоляционных плит произведена исходя:

1. Производственная программа, расходы энергоресурсов и сырья, численность работающих – по технологическим нормативам;
2. Стоимость сырья и энергоресурсов по ценам 2022 г.;
3. Заработная плата одного работающего – 40 тыс.;
4. Налоги, амортизационные отчисления в соответствии с действующими нормативами;
5. Затраты на текущий и капитальный ремонт основных средств 50 и 70 % соответственно от отчислений на реновацию, определенную по средним нормативам амортизационных отчислений;
6. Внепроизводственные и прочие расходы 1% и 10% соответственно от прочих затрат.

Из производственных расчетов сметы затрат следует, что себестоимость 1м² теплоизоляционных плит по приведенной технологии составляет 120 руб., что в 2,5 раза дешевле 1м² теплоизоляционной плиты из каменной ваты базальтового

происхождения РОКВУЛ ТЕКС МАТ, имеющей аналогичные эксплуатационные свойства.

Окупаемость капитальных затрат 2,2 года в случае организации производства на собственных площадях.

Основное функциональное назначение разработанного композиционного материала теплоизоляция зданий и сооружений. Материал экологически безопасен, негорюч, относительно прочен, водостоек, имеет высокие теплоизоляционные свойства (коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,040 \dots 0,058$ Вт/мК), может подвергаться деформациям изгиба, благодаря армирующей стеклосетки.

Предложенная технология не требует дефицитных компонентов, основана на доступном дешевом сырье, проста в реализации и может быть рекомендована для малых предприятий, агропромышленных, сельских предприятий и фермерских хозяйств, приближенных к основному сырью (солома злаковых культур).

Заключение

1. В РТ ежегодно образуется большие объемы неиспользованных отходов растениеводства, зачастую утилизируемых сжиганием. Это наносит существенный экологический вред окружающей среде и экономически нецелесообразно.

2. Рассмотрена технология рециклинга отходов, основанные на переработке соломы злаковых культур в теплоизоляционный материал по эффективности, не уступающий известным маркам, но существенно в 2-2,5 раза экономичнее в производстве.

3. Простота технологии, доступность основного сырья (соломы) позволяет рекомендовать организацию производства такого теплоизоляционного материала малым предприятиям АПК РТ.

Список использованных источников

1. Смирнова О.Е., Селихова В.С. Возможности изготовления ТИМ из органических отходов // Труды Новосибирского государственного университета (Сибстрин), 2017, т. 20, № 2

2. Колосова А.С., Пикалова Е.С. Современные эффективные ТИМ по органической основе // Международный журнал прикладных исследований, 2021, № 4
 3. Давыденко Н.В. Эксплуатационно-технологические характеристики кустосоломенных плит. Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F, 2011, № 8, с. 85-90
 4. Zhang X, Hao X. Thermal and mechanical properties of composite materials on the base wood-plastic // Journal of Applied Polymer Science, 2018, 136, №22, p.46
 5. Давыденко Н.В. Отходы сельскохозяйственной переработки в производстве теплоизоляционных материалов // Вестник Полоцкого университета, 2009, № 6, с. 55-60.
 6. Солдатов Хозин. ТИМ на основе соломы // Известия КазГАСУ, 2013, № 1, с. 197-201
-

Nikolaev D.Y., postgraduate student of the Department of Mechanical Engineering, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga Region) Federal University

Sovkov S.A., Senior Lecturer of the Department of Civil Engineering, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga Region) Federal University

Mukhin A.M., Associate Professor of the Department of Civil Engineering, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga Region) Federal University

Valiev A.M., Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga Region) Federal University

ECOLOGICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF RECYCLING OF FIBER-CONTAINING WASTE INTO HEAT- AND SOUND-INSULATING MATERIALS IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Abstract: The technology of waste recycling based on the processing of straw of cereal crops into a heat-insulating material in terms of efficiency, which is not inferior to well-known brands, but significantly more economical in production

Keywords: heat-insulating boards, waste fibrous raw materials, sodium liquid glass, flame retardant additives, weight, metallic forms