

УДК 635.24

ОПЫТ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ
ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ОБЪЕКТОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ



А.П. Пичугин, *доктор
технических наук, профессор*



А.С. Денисов, *доктор технических
наук, профессор*

В.Ф. Хританков, *доктор технических наук, профессор,*
Н.В. Рубцова, *аспирант*
Новосибирский государственный аграрный университет

Ключевые слова: строительные материалы, камышебетон, соломолит, древесное сырье

В статье рассмотрены вопросы рационального использования местных растительных ресурсов на основе камыша и соломы, что является экономически целесообразным с позиций технического обеспечения в качестве дополнительной сырьевой базы при возведении объектов различного назначения. Важным моментом этого процесса является экологическая составляющая, позволяющая вместо сжигания и загрязнения территории растительными отходами высвободить землю для других целей, например, для сельскохозяйственных работ или застройки. Кроме того, возможно расширение номенклатуры строительных материалов. Приведены примеры положительного опыта применения камыша и соломы для изготовления плит и конструкционных материалов и показана эффективность этого направления использования органических природных ресурсов.

EXPERIENCE AND USE OF PLANT MATERIAL IN THE CONSTRUCTION
OF DIFFERENT OBJECTS

A.P. Pichugin, *doctor of technical sciences, professor*
A.S. Denisov, *doctor of technical sciences, professor*
V.F. Hritankov, *doctor of technical sciences, professor*
N.V. Rubtsov, *postgraduate student*
Novosibirsk State Agrarian University

Для повышения мощностей предприятий строительного комплекса в сибирских регионах страны может быть рациональным использование отходов производства и местных сырьевых ресурсов, что является экономически целесообразным и технически оправданным. Важным компонентом этого направления является экологическая составляющая, позволяющая за счет очистки территории от вредных отходов производства высвободить

Инновационное развитие АПК

Innovative development of the agroindustrial complex

земли для других целей, например, для сельскохозяйственных работ или застройки. Следует отметить и тот факт, что при отсутствии кондиционных строительных материалов, являющихся важным компонентом для производства стеновых изделий и общестроительных работ, расширение номенклатуры строительных материалов может быть весьма перспективным. Создание стеновых материалов, стойких к климатическим и эксплуатационным воздействиям, прочных и недорогих представляет собой важную научно-техническую проблему, особенно для северных и сибирских территорий, которые находятся в суровых климатических условиях с длительным периодом отрицательных температур и коротким летом [1, 2].

Для изготовления строительных материалов и изделий различного назначения могут быть использованы отходы производства и местное сырье, к которым отнесены следующие ресурсы: минеральные – топливные шлаки, пески, песчано-гравийные смеси, глины; органические – камыш, солома, полова, лузга, торф; отходы деревообработки в виде опилок, стружки, коры и веток. Органическое сырье может быть эффективно использовано в качестве крупного заполнителя легкого бетона для создания пористой структуры и улучшения теплофизических характеристик стеновых материалов, тем более что строительно-технологический комплекс северных и сибирских районов испытывает острый дефицит в теплоизоляционных строительных материалах и крупном пористом заполнителе для легких бетонов. Кроме того, это способствует утилизации органических отходов, ресурсы которых в Сибири составляют сотни миллионов тонн [2].

По запасам растительного сырья Россия – одна из самых богатых стран в мире, так как обладает обширной территорией с лесами, торфяниками, камышовыми зарослями, лугами и посевными угодьями. Растительное сырье в качестве строительных материалов используется при возведении различных объектов многие сотни лет, так как обладает целым комплексом ценных свойств, таких как доступность и широкая распространенность, малая плотность, низкая теплопроводность, долговечность, технологичность, возможность переработки различными способами, невысокая стоимость и т.д. Все эти качества создали растительному сырью широкую популярность и большие возможности для применения в строительстве, однако как строительный материал оно имеет и некоторые недостатки [2]:

- неоднородность строения (анизотропность), обуславливающая различие показателей прочности и теплопроводности вдоль и поперек волокон, что создает затруднения при использовании для строительных изделий;
- гигроскопичность, т.е. способность поглощать и испарять влагу при изменении влажности и температуры окружающего воздуха; при возрастании влажности растительные волокна набухают, при уменьшении – усыхают;
- загниваемость, т.е. способность разрушаться под действием низших микроорганизмов в неблагоприятных условиях;
- легкая воспламеняемость, из-за которой строительные конструкции и части зданий являются огнеопасными, если не принимать специальных мер для защиты их от возгорания.

При изготовлении различных изделий, конструкций и деталей из растительных отходов и органического сырья необходимо предотвратить его возможное переувлажнение, приводящее к загниванию и выходу материала из строя [2-5]. При эксплуатации таких конструкций в условиях коррозионной среды и повышенной влажности необходимо осуществлять антисептирование. В случае использования деревянных пролетных и несущих конструкций из растительного сырья необходимо защищать их от возгораний.

Инновационное развитие АПК

Innovative development of the agroindustrial complex

Во многих высокоразвитых странах мира (США, Норвегия, Швеция, Финляндия, Канада, Япония, Россия, Казахстан и др.) в последнее время широкое применение в строительстве получили лёгкие листовые композитные материалы на основе древесных отходов и натуральных волокон растительного сырья [5-7].

Огромным резервом в производстве местных строительных материалов является камыш. По его запасам территория Западной Сибири занимает ведущее место в Российской Федерации.

Наиболее эффективно его можно использовать для приготовления камышита. Камышит представляет собой спрессованные и прошитые проволокой прямоугольные плиты и брусья из камыша. В процессе прессования стебли прошивают проволокой с обеих сторон через 14-16 см и ряды их скрепляют проволочными крючками через 80-100 мм. Размер камышитовых плит: длина – 2,4; 2,6; 2,8 м, ширина – 0,55; 0,95; 1,15; 1,5 м, толщина 30, 50, 70, 100 мм. Средняя плотность колеблется в зависимости от степени прессования от 175 до 250 кг/м³, влажность плит не должна превышать 18 % по массе, теплопроводность в зависимости от средней плотности 0,05-0,08 Вт/(м·°С). Камышит гораздо дешевле и легче фибролита, но менее огнестоек, так как при воздействии открытого пламени он не горит, но тлеет. Для защиты от гнивания, а также в санитарных целях его рекомендуется пропитывать 3%-м раствором железного купороса. Камышитовые стены и перегородки обязательно оштукатуривают с обеих сторон [8-12].

Камышитовые плиты используют при строительстве сельскохозяйственных производственных зданий в качестве утеплителя в наружных каркасных стенах, перегородках, перекрытиях и покрытиях. Применение их не допускается в капитальных стенах с относительной влажностью воздуха свыше 70 %, а также в конструкциях зданий, которые при эксплуатации могут подвергаться увлажнению [9-11].

Для производства камышебетона используют камыш, песок, цемент или гипс. Вяжущее должно обеспечивать надлежащую атмосфероустойчивость, прочность и морозостойкость конструкций. Камыш в камышебетоне выполняет одновременно ряд функций: функцию крупного заполнителя, пустотобразователя и арматуры. Марку камышебетона назначают в зависимости от требуемой прочности. Для несущих стен одноэтажных зданий применяют камышебетон марок 25 и 35, а для стен двух- и трехэтажных зданий, плит наката и перекрытий – марок 50, 75, 100. Производство изделий из камышебетона отличается простотой технологии, которая доступна любой строительной организации. Легко организовать производство изделий из камышебетона и при строительстве хозяйственным способом [9].

Блоки и плиты из камышебетона в поперечном разрезе имеют однородную структуру за счет равномерного размещения мелкозернистого бетона и пустот, образуемых трубчатыми стеблями камыша. Камышебетон целесообразно применять в виде крупных блоков и плит для сборных конструкций стен и перегородок [9].

Панели стен, перегородок и перекрытий из деревянных рам, заполненные камышитом, изготавливаются на стройплощадке и монтируются автокраном. Применение этих конструкций позволяет сократить сроки строительства, снизить стоимость жилой площади, повысить сборность до 50-60 % и снизить трудоемкость до 0,5 чел.-дня на 1 м³ здания.

В Полтаве много лет эксплуатируются жилые дома, конструкция стен которых состоит из кирпичной кладки толщиной в один кирпич и двух слоев камышитовых плит [11-12].

Строители г. Черкассы за счет применения камышита при строительстве жилого поселка для переселенцев снизили стоимость 1 м² жилой площади более чем в два раза по сравнению с домами из кирпича. Снижение стоимости этих домов достигнуто за счет сокращения транспортных расходов по перевозке материалов для стен и фундаментов, выбора

Инновационное развитие АПК

Innovative development of the agroindustrial complex

рациональных камышитовых конструкций и умелой организации строительных работ. Экспериментальное строительство одноэтажных жилых домов на одну и две квартиры с использованием камышита в их конструкциях, осуществленное в г. Кременчуге, показало целесообразность возведения стен жилых домов с применением камыша [10].

Приведенный обзор строительства с применением камыша в ряде районов бывшего СССР показывает целесообразность развития этого вида строительства в дальнейшем. Камыш и изделия из него хорошо зарекомендовали себя в течение многих лет эксплуатации в постройках самого различного назначения. Удешевление стоимости заготовки камыша путем ее механизации позволяет в еще более широких масштабах применять эти эффективные материалы, особенно камышитовые плиты [12].

Зарубежный опыт строительства с применением камыша также насчитывает многолетнюю историю. Изделия из камыша (камышитовые плиты, фашины, камышеволоконистые плиты и плиты из отходов камыша с синтетическими смолами) применяются в ряде зарубежных стран при строительстве жилых домов, сельскохозяйственных сооружений, гаражей, складов и временных сооружений [8-11].

Так, в Румынии в г. Бузау и Кымпыне долгое время было организовано производство деталей сборных щитовых зданий. Щиты изготавливались для стен и перекрытий и состояли из деревянных рам, в которые закладывались камышитовые плиты. Затем эти рамы обшивались с одной или двух сторон листовым материалом. При монтаже стен щиты устанавливались вплотную друг к другу, при этом вертикальные элементы рам образовывали несущие стойки, на которые опирались сборные стропильные фермы [8-10].

В г. Бухаресте в 1960-1970 гг. осуществлялось опытное строительство двухквартирных жилых домов из железобетонных панелей, в которых были заложены камышитовые плиты. В селении Росец, расположенном на одном из островов Дуная, построена опытная кошара из камыша на 200 овец в виде параболического свода высотой 2,9 м, опирающегося на бетонные фундаменты. Свод сделан из прямоугольных фашин длиной 8,75 м, сечением 0,50х0,16 м, связанных между собой проволокой через каждые 0,5 м. Фашины укладывались на передвижную опалубку из трех кружал. По своду из камышовых фашин сделана обмазка из глиносоломенной массы толщиной 3-4 см, на которую нанесен слой гидроизоляционной композиции. В Румынии одно время камышитовые плиты широко применялись также для устройства перекрытий при строительстве конюшен, телятников, коровников и других сельскохозяйственных сооружений [12].

В 60-х годах в г. Браиле (Румыния) были получены плиты из отходов камыша путем прессования их с синтетическими смолами, а также плитки смешанной слоистой структуры из отходов камыша и раздробленной древесины. Связующим служило адгезивное вещество на базе формальдегида, которое в Румынии называют уролит. Технологический процесс изготовления этих плит аналогичен процессу изготовления древесно-стружечных плит [11, 12].

В Китае в провинциях Хэбэй, Хэнань и др. камыш широко применяют при строительстве жилых домов. Камышитовые плиты и маты, которые изготавливаются вручную, используют при устройстве перегородок и потолков, а также глинокамышитовых перемычек, применяемых обычно в постройках из необожженного кирпича. Плиты изготавливают также из гаоляна (сорго), стебли которого диаметром 10-20 мм достигают высоты 2-2,5 м, а в южных районах – 3,5 м. Эти плиты используются для устройства наружных стен неотапливаемых зданий, внутренних перегородок и перекрытий жилых домов, а также для звукоизоляции и теплоизоляции помещений [10].

В Польше камышитовые плиты применяли для заполнения деревянных каркасов зданий при постройке одно- и двухэтажных жилых домов, гаражей, птичников, временных

Инновационное развитие АПК

Innovative development of the agroindustrial complex

сооружений.

В Болгарии камышитовые плиты применялись при устройстве обрешетки для черепичной кровли, а также для теплоизоляции и звукоизоляции железобетонных перекрытий, опалубки при устройстве железобетонных перекрытий и заполнении деревянных каркасов зданий.

В Австрии изготавливали камышитовые плиты путем механического прессования и применяли их в строительстве в качестве ограждающего и теплоизоляционного материала [10].

В Германии, помимо камышитовых плит, изготавливали растительно-волоконистые плиты из рапсовой соломы и камыша. Процесс изготовления этих плит почти полностью автоматизирован. Солому или камыш предварительно измельчали в соломорезке и превращали в волокнистую массу, которую перемешивали в больших барабанах с добавлением клейковины. Волокнистые плиты размером 1,25х2,50 м прессовали на многополочных прессах.

В Голландии также изготавливали камышитовые плиты, которые использовали при устройстве обрешетки для черепичных кровель и в качестве опалубки для монолитного железобетона. Там же из камыша делали маты слабой прессовки толщиной до 0,10 м в виде рулонов, которые применяли для устройства подшивных потолков и для утепления бетонного пола путем укладки их под слой бетона [9-12].

Марки камышебетона назначают в зависимости от требуемой прочности: для несущих стен одноэтажных зданий применяют камышебетон марок 25 и 35, а для стен двух-трехэтажных зданий, плит наката и перекрытий – марок 50; 75; 100.

Камышебетонные плиты наката для чердачных перекрытий, армированные камышовой арматурой, рекомендуется изготавливать длиной до 1,5 м. Для устройства чердачных перекрытий рекомендуется изготавливать камышебетонные плиты длиной до 3,2 м, усиленные стальной арматурой. Камышебетонные изделия, армированные стальной арматурой, называются армокамышбетонными. Размеры и массу камышебетонных блоков и плит определяют в зависимости от климатического района намечаемого строительства и грузоподъемности имеющихся в наличии подъемных механизмов [9-12].

Комплексное использование листовых материалов растительного происхождения в качестве конструкционных и отделочных элементов зданий взамен древесины способствует динамичному росту производства древесно-слоистых пластиков, арболита, древесно-волоконистых плит, плит из крупноразмерной стружки и плит из отходов однолетних растений сельскохозяйственного производства (стебли хлопчатника, табака, тростника, камыша; костра льна, конопли и кенафа; пенька; виноградная лоза; солома овса, риса, ржи, пшеницы и т. п.) [3-6].

Примером такого органополимерного композиционного плитного строительного материала является соломолит, полученный из целлюлозосодержащих частиц соломы злаковых растений, проклеенных модифицированным связующим – полимерным дифенилметан-диизоционатом. Как заполнитель солома обладает следующими достоинствами: малая средняя плотность при довольно высокой прочности, достаточная сырьевая база, хорошая смачиваемость, низкая теплопроводность, дешевизна и др.

Солома имеет специфические особенности: поверхность стеблей покрыта воском; степень объемных влажностных деформаций (усушка, разбухание) весьма значительная; повышенная химическая активность; высокая проницаемость и проводимость; наличие упругопластических свойств; значительная упругость при уплотнении проклеенной смеси; резко выраженная ортотропность. Все это вызывает трудности в большинстве операций технологического процесса при получении композита – соломолита. Целлюлоза и лигнин,

Инновационное развитие АПК

Innovative development of the agroindustrial complex

составляющие основную массу клеточных оболочек соломы и определяющие их механическую прочность, являются достаточно стойкими веществами и вредного влияния на адгезию не оказывают [2, 3, 7].

Влажностные деформации заполнителя (усушка и разбухание) намного ниже, чем у древесины. Если объёмная усушка древесного заполнителя составляет 15-20 %, то объёмная усушка частиц из соломы 8-10 %. Это связано с наличием у соломы гиподермы (подкожицы) – прослойки под эпидермисом механической ткани с утолщёнными оболочками. После смачивания солома высыхает сравнительно быстро. Это объясняется трубчатым строением и глянцевицей её стеблей, а также наличием воскового налёта, вследствие чего их поверхность плохо смачивается.

При дроблении структура соломы разрушается, а её физико-механические свойства изменяются. Так, например, за счёт деформации тканей при дроблении водопоглощение частиц фракции 10/2,5 мм в течение суток достигает 200 % их массы по сравнению с водопоглощением стебля соломы через 14-15 суток.

Результаты лабораторных экспериментов показали, что предельная прочность пластин стеблей пшеницы составляет в среднем 55 МПа, что выше, чем шпона осины – 50 МПа. Тем не менее применение соломы для изготовления конструкционных плит было менее успешным из-за химических и анатомических особенностей стеблей зерновых культур. В отличие от древесины тонкие стебли пшеницы и других злаковых растений имеют довольно низкую прочность на разрыв поперёк волокон, поверхность стеблей покрыта слоем натурального воска, что определяет выполнение необходимых требований при дроблении стеблей соломы для получения оптимальной фракции частиц заполнителя от 20 до 50 мм. Резка соломы на сечку (частицы) производится на соломорезке и является одной из основных операций, обеспечивающих необходимый выход частиц. По данным эксперимента, состав частиц колеблется в пределах, представленных в таблице.

При сепарировании сечки последовательно удаляются пыль, песок, колёнца, мякина и зерна. На специальных соломотрясах сечка перемещается в закрома – бункеры и на сушку при помощи пневмотранспортера. Ввиду легкой слеживаемости сечки хранение её в бункерах без специальных виброгрохотов нецелесообразно. Результаты исследований по выявлению влияния исходной влажности соломы на кондиционный выход частиц при нарезке показали, что фракция частиц 40/5 и 30/3 является наиболее приемлемой. Уменьшение размера частиц ведет к снижению кондиционного выхода [2].

Количественный выход частиц по длине

Длина частиц, мм	Количество, % масс.	
	Солома	Камыш
До 20	2-12	3-15
30-35	50-60	42-52
35-40	46-56	37-45
50-100	6-17	7-17
Пыль	1,2-4	2-4,8

Композиционные материалы из стеблей однолетних растений, в том числе из соломы, представляют собой полидисперсную систему, состоящую из элементов различных размеров и форм, способных к укладке с различной степенью плотности и соединённых между собой связующим. Связующее выполняет роль полимерной матрицы, в которой заключен механический каркас материала – текстура частиц наполнителя. В композитах, полученных из отходов растениеводства, наполнитель рассматривается не только как включение, снижающее

Инновационное развитие АПК

Innovative development of the agroindustrial complex

расход вяжущего и усиливающее структуру, но и как компонент, который позволяет управлять структурообразованием и проектировать материал с заданными свойствами [1-6].

По результатам проведенных исследований авторами получены легкие бетоны на основе гранулированных растительных отходов и древесного сырья с полимерными добавками, обладающие повышенной шумопоглощающей способностью, которые прошли длительную апробацию и показали высокую эффективность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Субботин О.С., Пичугин А.П., Белан И.В.** Материалы и архитектура малоэтажных зданий, эксплуатирующихся в особых природных условиях / НГАУ-РАЕН. – Новосибирск, 2012. – 192 с.
2. **Пичугин А.П., Бурковская Н.И.** Материалы для сельских строек. – Омск: Кн. изд-во, 1989. – 144 с.
3. **Пономаренко Б.Н.** Арболит в сельском строительстве. – Краснодар, 1973. – 192 с.
4. **Коротаев Э.И., Клименко М.И.** Производство строительных материалов из древесных отходов. – М., 1977. – 164 с.
5. **Строительство** жилых домов усадебного типа со стенами из монолитного бетона: обзор. информ. – М.: ЦНИИЭПсельстрой, 1986. – Вып.1. – 20 с.
6. **Пичугин А.П., Хританков В.Ф.** Применение торфа в строительстве. – Новосибирск: НГАУ, 2001. – 101 с.
7. **Строительные материалы** в малоэтажном строительстве Севера и Сибири / В.М. Хрулев, В.Т. Дудник, Б.К. Скрипкин, С.М. Кондрашов. – Л.: Стройиздат. Ленингр. отделение, 1989. – 152 с.
8. **Батурлинский Е.И.** Камышитовые панели для жилых домов // Городское и сельское строительство. – 1957. – №1. – С. 21-22.
9. **Крутов П.И.** Опыт строительства жилых домов из камышебетона // Городское и сельское строительство. – М.: Госстройиздат, 1957. – 161 с.
10. **Крутов П.И.** Камышебетон // Сборник технической информации о применении камыша в строительстве. – М.: Изд-во МСХ РСФСР, 1957. – 134 с.
11. **Мартынов П.Т.** Применение камыша в сельском строительстве. – М.: Сельгиз, 1955. – 80 с.
12. **Вершинин И.В.** Камышит и соломит в сельскохозяйственном строительстве. – Воронеж: Кн. изд-во, 1956. – 97 с.