

Дмитрий Борисович УСТИНОВ,
инженер
Брестского государственного
технического университета

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕРАБОТАННЫХ КРОВЕЛЬНЫХ БИТУМНЫХ ОТХОДОВ В СТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

APPLICATION PROSPECTS OF RECYCLED BITUMINOUS ROOFING WASTE IN CONSTRUCTION INDUSTRY

В статье рассмотрена возможность вторичного применения вяжущего порошка из кровельных битумных отходов в строительном производстве. На основе переработанных кровельных битумных отходов можно готовить сухие смеси для кровельных мастик, утепляющих асфальтов и асфальтобетонов в дорожном строительстве, а также для противодиффузионных экранов на полигонах ТБО и захоронения токсичных тяжелых металлов.

This article deals with the secondary application of binder powder from bituminous roofing waste in construction industry. On the basis of the recycled bituminous roofing waste it is possible to make dry mixes for roof mastic, paving asphalt and asphalt concrete in road construction, as well as for impervious blankets on the household garbage polygons and burial of toxic heavy metals.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования в области переработки кровельных битумных отходов (далее — КБО) для вторичного использования их в строительном производстве были начаты еще в 1985 году специалистами Брестского инженерно-строительного института (БИСИ, БрПИ, ныне БрГТУ) и Осиповичского картонно-рубероидного завода (Беларусь). На заводе с годовой производительностью рубероида 130 млн м² за 1 сутки образовывалось около 10,0 т технологических отходов с содержанием в них более 6,5 т кондиционного битума, без учета объема волокнистых и минеральных наполнителей — основы рубероида. Огромные потери в материально-финансовом и экологическом плане вынуждали сотрудников завода искать выход из создавшейся ситуации. Попытка выплавки битума из технологических рубероидных отходов оказалась энергозатратной, трудоемкой, связанной с постоянным ворошением в плавильных котлах горячих кусков рубероида. При этом не решался вопрос переработки основы рубероида (картона), а это до 25 % от общего объема перерабатываемых КБО, которые отправлялись на свалки. Стоимость одной тонны выплавленного битума из КБО оказывалась почти в 2 раза выше стоимости аналогичного объема кондиционного битума. Кроме того, при многократном термическом воздействии на битумы происходит химическое изменение их мицелл с ухудшением физико-механических свойств заново получаемых из них сплавов. Между тем, ставилась задача полной переработки КБО в массу, пригодную для вторичного использования ее в различных строительных смесях.

При проектировании и строительстве зданий необходимо прогнозировать их эксплуатационный ресурс на перспективу с учетом морального и физического износа строительных конструкций. В настоящее время в процессе проектирования не учитывается проблема неизбежного износа сооружений или отдельных строительных конструкций при их реконструкции или сносе с образованием отходов. Поэтому на стадии проектирования следует закладывать ресурсосберегающую основу для использования строительных отходов реконструируемых и сносимых

зданий. С учетом рационального и коммерческого подхода строительные отходы необходимо утилизировать полностью, а соответствующие технологии и оборудование разрабатывать с возможностью переработки отходов в продукцию, пригодную для вторичного применения в строительстве.

Накопленный в Беларуси опыт сухой переработки в порошок кровельных битумных отходов для вторичного применения их в строительстве подтверждает, что это вполне возможно. К тому же, с большим эффектом. В КБО приклеивающие битумные мастики и битумы, находясь в межслойных кровельных промежутках из рулонных материалов, не испытывали прямых разрушительных воздействий солнечной радиации и ультрафиолетового излучения, не подвергались химическим изменениям своих мицелл и в целом — деструкции битумного материала. Поэтому первоначальные физико-механические свойства битумов в кровельных отходах из рулонных материалов, переработанных в сухой порошок, пригодны для вторичного их использования.

Известна проблема, связанная с частыми ремонтами рулонных кровель на зданиях различного назначения, когда невозможно на время ремонта отселить из квартир жильцов или остановить производство в действующих цехах. Неожиданные погодные изменения (например, дождь) во время выполнения ремонтных работ на крышах могут заставить кровельщиков врасплох. Через вскрытые от кровли участки крыши вода может проникнуть в помещения квартир и на технологическое оборудование в цехах. Поэтому чаще всего обходятся затратными и неэффективными локальными ремонтами кровель с коротким сроком их эксплуатации.

Традиционно все ремонтные кровельные работы выполняются в теплое время года. А это сравнительно непродолжительный рабочий промежуток времени, особенно в суровых климатических районах строительства с коротким летним периодом. Кроме того, технологический процесс ремонта крыш в уже сложившейся застройке, например, на многопролетных промышленных зданиях со сложными перепадами профилей кровель, осложняется протяженными путями доставки кровельных материалов по самой кровле на рабочие захватки.

МЕТОДИКА ПЕРЕРАБОТКИ ВЯЗКИХ БИТУМНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВЯЖУЩИЙ КОМПОНЕНТ

Рубероидные отходы на картонной основе представляют собой вязкую с волокнистыми и минеральными наполнителями мелкодисперсную структуру, которая не поддается мельничному дроблению на традиционных агрегатах. Это происходит прежде всего из-за адгезионной связи вязкого битума с металлическими энергообменниками дробилок, затрудняющей процесс механического измельчения КБО. Для нарушения адгезии или "прилипания" битума к энергообменным устройствам в БрГТУ был разработан макетный образец измельчителя, где использовалась вода, обладающая антиадгезионными свойствами к битуму. Гравитационное обогащение КБО в водной среде измельчителя происходило с дроблением и разделением по плотности измельчаемых рубероидных отходов на мелкодисперсную гидромассу. Такая битуминозная гидромасса может использоваться как вяжущее и как наполнитель для производства теплоизоляционных материалов [1, 2].

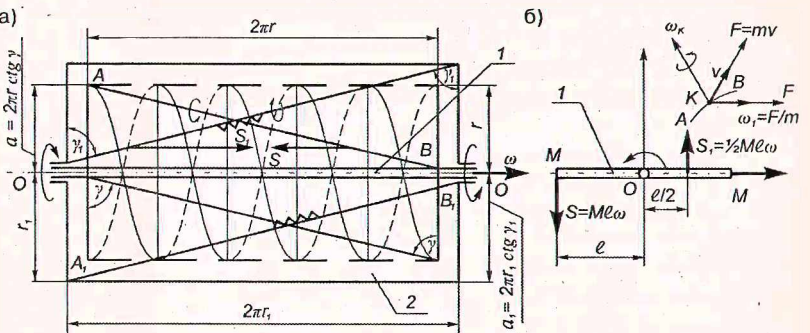
Проведенные исследования технологии измельчения КБО в воде с последующим применением гидромассы в новых теплоизоляционных материалах подтвердили принципиальную возможность механической переработки и вторичного применения КБО в производстве. Приоритет этих технологических решений защищен авторскими свидетельствами СССР: 1368291 (1987 г.); 1470710 (1988 г.); 1484367 (1989 г.); 1551420 (1989 г.); 1669551 (1991 г.). Данная технология переработки КБО может применяться в стационарных заводских условиях с наличием сушильных агрегатов для тепловой обработки выпускаемых изделий. Однако в массовом строительстве получаемая из КБО гидромасса не нашла применения из-за ограниченности номенклатуры производства на ее основе продукции, сезонности работы, сложности технологии и др.

С учетом названных особенностей и огромных объемов КБО, образующихся при ремонте и реконструкции совмещенных крыш, было решено разработать (БрГТУ) новые технологии и оборудование для сухого мельничного дробления КБО в порошок. При конструировании измельчителя исходили из принципа механического дробления кусков-пластин КБО во взвешенном состоянии. Такой процесс возможен в замкнутой среде барабана (цилиндрического или многогранного), на внутренних стенках которого по винтовой линии (левый винт) закреплены ленточные ножи. Внутри барабана размещен высокоскоростной ротор с шестью парами пластинчатых ножей (каждая из которых смещена относительно другой пары на 60°), образующих при вращении многозахватный винт (правый винт). При вращении ротора создаются центробежные силы, отбрасывающие измельчаемые куски и частицы КБО на образующие окружности встречного вращения: ротор-барабан. При полном обороте ротора измельчаемые частицы материала перемещаются вдоль винтовой линии на величину a (рис. 1). А при полном обороте барабана эти же частицы материала также по винтовой линии перемещаются в противоположном направлении на величину a_1 . Причем траектории измельчаемых частиц материала, движущихся по винтовым линиям, пересекают все образующие окружности

барабана и ротора под разными углами: γ и γ_1 . Если разрезать барабан и ротор вдоль их образующих и развернуть на плоскости, то винтовые линии изобразятся прямыми линиями AB и A_1B_1 (см. рис. 1а). Таким образом, основной принцип конструктивной схемы измельчителя КБО строился на использовании энергии, циркулирующей в замкнутой динамической системе барабана.

Конструктивная разновидность винтовых энергообменных устройств ротора и барабана создает не только разнонаправленные потоки из измельчаемых частиц материала, но и обеспечивает условия, при которых часть энергии реализуется через собственно дробимый материал: самоизмельчение при столкновении частиц друг с другом. Кроме того, винтовые энергообменники ротора и барабана при вращении обеспечивают во взвешенном состоянии объемное деформирование измельчаемого материала со сдвигом в разных направлениях по продольной оси вращения и с интенсивным ударно-истирающим воздействием ножей ротора на частицы КБО. Это позволяет совместить в одном помольном агрегате два процесса: измельчение и смешивание. Встречное вращение барабана вращению ротора обеспечивает многократный внутренний рецикл измельчаемых КБО, при столкновении частиц которых происходит их самоизмельчение. Однако при загрузке измельчителя исходные размеры в плане кусков-пластин из КБО могут достигать 200x200 мм с массой 2-3 кг. Крупные частицы материала в барабане разрушаются только тогда, когда они попадают в зону контактного взаимодействия энергообменников ротора и барабана или друг с другом. Энергообмен в этом случае осуществляется через характерную конструктивную поверхность ножей. При этом крупные частицы материала испытывают внутри барабана ударную энергию разной силы.

На основе классической динамики величина ударной силы S зависит от массы M применяемой конструкции ножа ротора, его плеча l и угловой скорости ω , являющейся векторной величиной скорости по оси вращения ротора. Поскольку первоначальная масса m каждого измельчаемого куска K КБО может достигать 2 кг и более, то к ним должна быть приложена тем большая сила, чем больше масса куска. Поэтому все параметры ножей ротора радиусом r подбирались на основе расчетов и опытно-экспериментальных исследований макетного образца измельчителя [3]. При максимальной массе m измельчаемого куска K КБО его момент инерции имеет максимальное значение. Это характерно в период загрузки агрегата, когда крупные и тяжелые куски измельчаемого материала



1 — ротор с пластинчатыми ножами; 2 — барабан с ленточными ножами

Рис. 1. Схемы сложения поступательного и вращательного движений материальной частицы в измельчителе: а — винтовые линии AB ротора с радиусом r и A_1B_1 барабана с радиусом r_1 на развертке плоскости по разрезу вдоль образующих вращения; б — силовые воздействия на материальную частицу при вращении ротора

размещаются в непосредственной зоне вала ротора по его продольной оси O , и центр удара на материальную точку K с массой m может находиться на расстоянии $1/2-1/3$ плеча ножа 1. В этом случае значение ударной силы S_1 будет в 2 раза меньше расчетного значения ударной силы S . Уменьшение массы m измельчаемых частиц материала приводит к уменьшению величины их момента инерции. Легкие пластинчатые частицы рубероида отбрасываются в зону активного воздействия ударных сил S , где происходит интенсивный процесс измельчения КБО в порошок. При воздействии ударной силы материальная точка K приобретает скорость v , модуль силы F которой выражается произведением массы m на скорость v . А модуль силы F пропорционален массе m материальной точки K и соответствует вновь приобретенному ускорению ω_1 . Изменяется и векторное значение угловой скорости ω_k при переменном вращении материальной точки K (рис. 16).

Таким образом, на основе анализа сложного движения материальной точки измельчаемого тела, возникающего, например, только от вращения ротора с ножами в замкнутом объеме барабана радиусом r_1 , можно гарантировать создание условий гравитационной воздушной среды, обеспечивающей процесс измельчения вязких КБО в порошок во взвешенном состоянии. При этом в макетном образце измельчителя было предусмотрено реверсивное вращение ротора и барабана. А на горизонтальном валу ротора барабан устанавливался с возможностью вращения его наклонно [4].

Все перечисленные конструктивные решения обеспечивали многократные внутренние рециклы измельчаемых КБО в замкнутом объеме. Органические и минеральные наполнители рубероида, а также песчаная посыпка и бетонные частицы стяжки являлись абразивными материалами, полностью исключаящими адгезию битума к металлическим энергообменникам агрегата даже при температуре наружного воздуха летом $25\text{ }^\circ\text{C}$. В холодное время года КБО приобретают хрупкость, они теряют эластичность и вязкость и хорошо измельчаются в однородную мелкофракционную порошокую массу; производительность измельчения возрастает в 1,5–2 раза.

Общий вид измельчителя КБО в построечных условиях и стационарный пункт по переработке КБО в порошок с использованием комплекса машин-измельчителей приведены на рис. 2 и 3 соответственно.

БИТУМНЫЙ ПОРОШОК — НОВЫЙ ПОДХОД К ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БИТУМНЫХ СМЕСЕЙ

Применение битумных порошков в ремонтных кровельных работах позволяет принципиально изменить существующую традиционную технологию реконструкции совмещенной крыши на новую [5, 6]. Принцип рассматриваемой технологии заключается в следующем. Размер захватки определяют таким образом, чтобы обязательно был выполнен водоизоляционный слой на восстанавливаемой крыше в течение смены или до дождя с целью предотвращения проникновения атмосферной воды в помещения.

Старые слои кровельного ковра разбирают машиной [7], а стяжку очищают от пыли и мусора. Как правило, материалы в конструктивных слоях крыши под вскрытой кровлей содержат избыточную влагу. Для осушения этих материалов в процессе эксплуатации восстановленной крыши должна быть предусмотрена дренирующая осушающая система, обеспечивающая выравнивание подкровельного паровоздушного давления и отвод водяных паров в атмосферу. Отвод водяных паров в атмосферу

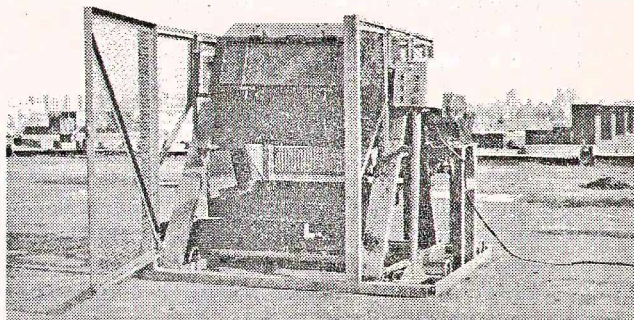


Рис. 2. Измельчитель КБО в построечных условиях, г. Брест



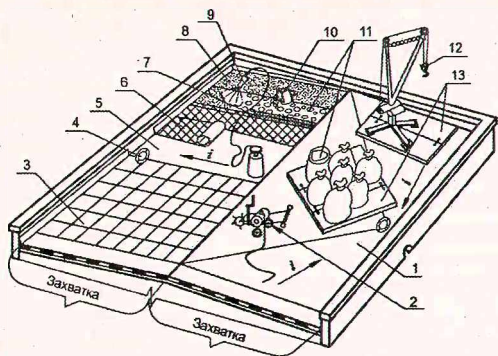
Рис. 3. Стационарный пункт по переработке КБО в порошок с использованием комплекса машин-измельчителей, г. Брест

из подкровельного диффузионного осушающего промежутка должен осуществляться через специально предусматриваемые продухи в узлах примыкания кромок восстановленного нового рулонного ковра [8].

На подготовленную стяжку насухо укладывают и расправляют стеклянную сетку, которая является разделительным слоем между стяжкой и первым слоем нового водоизоляционного кровельного ковра. Этот разделительный слой обеспечивает условие приклейки расплавленного битума к стяжке в отдельных точках через ячейки стеклянной сетки, создавая диффузию водяных паров через не приклеенные подкровельные участки, и независимость их температурных деформаций. На стеклянную сетку рассыпают ровным слоем толщиной 6–8 мм смесь из измельченных в порошок КБО (фракции до 5 мм) и цемента. Эту битуминозную смесь нагревают газовой горелкой до полного расплавления битума до жидкотекучего состояния и образования из него сплошного водоизоляционного слоя. Наличие в порошке из КБО цемента обеспечивает за счет его гидратного твердения частичное обезвоживание материалов в существующей стяжке восстанавливаемой крыши, что позволяет получить более прочное асфальтовое основание под обновляемую кровлю. Такое асфальтовое основание через 1,5–2 часа остывает, набирает прочность и по нему можно повторно рассыпать битумно-цементную порошокую смесь с разогревом газовой горелкой.

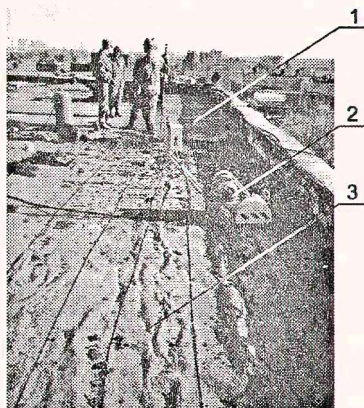
Таким образом, за один технологический прием устраняются все неровности на поверхности стяжки и формируются ровные плоскости с уклоном к водоприемным воронкам (рис. 4, 5). Так последовательно на всех захватках крыши разбирают старые слои рубероидного ковра с одновременным устройством изоляции на вскрытой от кровли стяжке из водонепроницаемого мастичного слоя на основе битуминозной порошоковой смеси [9]. Причем такие кровельные работы можно выполнять и зимой в сухую без осадков погоду.

Водонепроницаемый мастичный слой из битуминозного порошка может использоваться как временная гидроизоляция ремонтируемой крыши при возникновении длительных технологических перерывов в кровельных



- 1 — ремонтируемая рулонная кровля; 2 — машина для резки верхних слоев кровли; 3 — разбираемая кровля;
4 — водоприемная воронка; 5 — существующая стяжка;
6 — стеклянная сетка; 7 — прижимной стальной уголок;
8 — расплавленный мастичный слой из битумного порошка и цемента; 9 — газовая горелка;
10 — бачок-рассев с ситом с ячейками 6х6 мм;
11 — сухая смесь из битумного порошка и цемента; 12 — кран;
13 — инвентарный настил из прорезиненной ткани

Рис. 4. Технологическая схема производства ремонтных работ на крыше



- 1 — мастичный слой из смеси битумного порошка и цемента;
2 — машина для резки рулонного ковра кровли;
3 — разбираемая рулонная кровля

Рис. 5. Последовательность разборки старой кровли с устройством мастичного слоя из смеси битумного порошка и цемента, г. Брест

работы или затяжных атмосферных осадках. Последующие работы на ремонтируемой крыше по устройству новых гидроизоляционных слоев из товарных рулонных материалов можно выполнять в спокойном технологическом ритме в благоприятных летних условиях.

При необходимости на восстанавливаемых совмещенных крышах может быть выполнен дополнительный теплоизоляционный слой из легкого асфальта. Составляющими таких асфальтов являются сухие смеси из вяжущего порошка из КБО и минеральных легких и негорючих наполнителей (керамзит, перлит, шлак, зола и др.). Как правило, такие недорогие наполнители являются местными строительными материалами. Дозированные сыпучие асфальтовые смеси размещают в транспортные мешки и оперативно доставляют на строительные площадки. Асфальтовые смеси рассыпают ровным слоем на поверхности восстанавливаемой совмещенной крыши и по аналогичной технологии нагревают газовой горелкой до полного расплавления битума и образования ровной поверхности из утепляющего асфальта. В соответствии с теплотехническим расчетом дополнительная теплоизоляция на восстанавливаемой крыше может формироваться из нескольких таких слоев легкого асфальта [8]. Лицевая сформированная поверхность асфальта обладает вы-

сокими водоизоляционными свойствами. По ней в технологическом ритме наклеивают новые слои из товарных кровельных рулонных материалов.

При ремонте совмещенных кровель вторично в их конструкциях может использоваться 12%–15% вяжущего порошка из КБО. Остальная часть переработанных в вяжущий порошок КБО может быть применена при изготовлении асфальтобетонов из местных минеральных наполнителей: песка, гравия, шлака. Минеральные и волокнистые наполнители в составе вяжущих порошков из КБО выполняют роль структурирующих добавок, содержание которых в этих отходах колеблется от 15% до 20%. Наполнители сложным образом взаимодействуют с битумом, содержащимся в рубероидных отходах, выполняя роль структурирующего компонента. А минеральные наполнители в порошке из КБО и асфальтовых смесях переводят битумное вяжущее в пленочное состояние благодаря высокоразвитой поверхности и образуют структурированную дисперсную систему, обладающую повышенной прочностью, вязкостью и водостойкостью. Кроме того, для вяжущего порошка из КБО характерны сравнительно высокие показатели теплостойкости, механической прочности и деформативной способности, особенно при отрицательных температурах.

Выполненные лабораторные и производственные исследования подтверждают хорошие физико-механические показатели мастик и асфальтов на основе вяжущего порошка из КБО, которые соответствуют требованиям действующих нормативов. На основе вяжущего порошка из КБО непосредственно на строительном объекте (включая отдаленные без энергоснабжения) на мобильном агрегате [10] приготавливали асфальтобетонные смеси для дорожных ремонтных работ (рис. 6), для противофильтрационных экранов на полигонах ТБО [11] и захоронения токсичных твердых отходов в качестве мат-рицы [12].

ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА БИТУМНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТОКСИЧНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Существует серьезная проблема по безопасному и надежному захоронению, например, токсичных производственных отходов из тяжелых металлов, стеклобоя из люминесцентных ртутных ламп после их обезртучивания и др. В решении этой проблемы битум может сыграть исключительно положительную роль.

Нефтяной битум рассматривается как коллоидная система мицеллярного строения с ядром из асфаль-

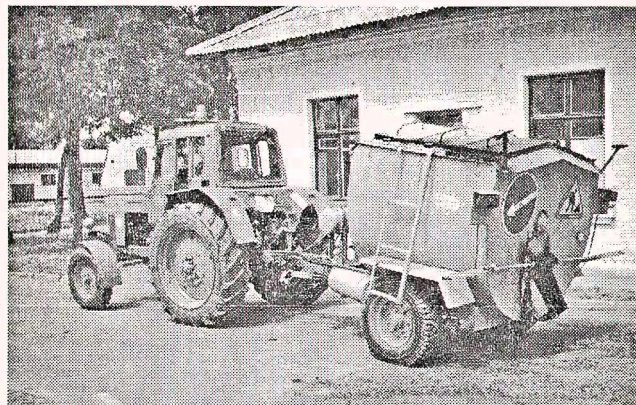
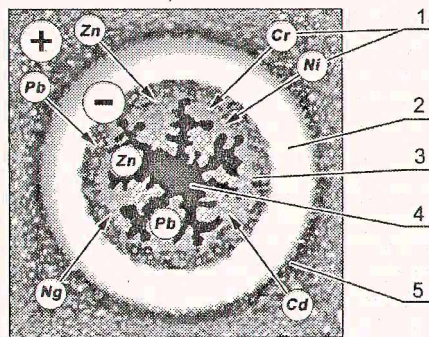


Рис. 6. Мобильный агрегат для приготовления асфальта в отдаленных полевых условиях



- 1 — частицы тяжелых металлов в токсичных отходах;
2 — оболочка из масла;
3 — смола; 4 — ядро из асфальтенов; 5 — мицелла битума

Рис. 7. Механизм поглощения мицеллой битума частиц токсичных тяжелых металлов

тенов, стабилизированных смолами в масляной дисперсной среде. Асфальтены, составляющие сетку ядра, взаимодействуют друг с другом полярными лиофобными участками через тонкие прослойки дисперсной среды. Мицеллы битума не имеют электрического заряда или заряжены отрицательно, тогда как тяжелые металлы обладают положительными зарядами. Молекулы битума, являющиеся основой асфальтобетонной матрицы, будут впитывать в себя частицы тяжелых металлов и их ионы, которые станут адсорбироваться на лиофильных поверхностях асфальтенов битума и плотно закупориваться под оболочками из смолы и масла мицелл (рис. 7). Так можно объяснить механизм задержания битумом загрязнителей из тяжелых металлов.

Смеси битума с минеральными наполнителями сформируют долговечные и прочные асфальтовые матрицы, которые на сотни лет защитят все живое в окружающей природной среде от воздействия токсичных загрязнителей. Причем использование в таких асфальтобетонных матрицах не товарного дефицитного битума, а переработанных битумных отходов позволит получить большой экономический эффект.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- 1 После обобщения расчетных данных узлов макетного образца измельчителя и производственных испытаний был разработан модернизированный опытный образец мельничного агрегата [4] для заводского изготовления. Модернизированные измельчители КБО внедрены во всех регионах Беларуси, а также в некоторых городах России. Такие измельчители применяются в построечных (мобильных) условиях работы (см. рис. 2) и на производственных пунктах по переработке КБО (см. рис. 3). Бесшумные мельничные агрегаты при работе не выделяют пыль и газы, удовлетворяют всем санитарным нормам и экологическим требованиям и могут быть использованы непосредственно в городской среде застройки. Измельчители циклического принципа работы — это их конструктивный недостаток. Однако в построечных условиях, а также индивидуальных предпринимателями этот компактный универсальный измельчитель-смеситель может успешно и с прибылью использоваться.
- 2 С учетом особенностей дробления вязких битумных материалов во взвешенном состоянии для стационарных пунктов рассматривается разработка нового производительного мельничного агрегата для измельчения в порошок КБО и битумов твердых марок в непрерывном режиме работы [13]. В настоящее время при восстановлении совмещенных крыш применяют аналогичные кровельные материалы на битумном вяжущем. Поэтому рассматриваемые технологии и машина являются прогнозируемыми и рассчитаны на перспективу. А это реальный эффект, обеспечивающий ресурсосбережение, создание новых рабочих мест и улучшение экологии. Данная разработка в 2006 году экспонировалась на 6-м Московском международном салоне инноваций и инвестиций и была награждена серебряной медалью, а также в 2010 году — на конкурсе "Лучший инновационный проект и лучшая научно-техническая разработка года" в рамках Петербургской технической ярмарки, где была награждена дипломом первой степени и золотой медалью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устинов, Б. С. Теплоизоляционные материалы из отходов картонно-рубероидного производства / Б. С. Устинов // Строительные материалы. — 1988. — № 7. — С. 5, 6.
2. Устинов, Б. С. Теплоизоляционный материал из отходов картонно-рубероидного производства / Б. С. Устинов // Строительные материалы, 1990. — № 4. — С. 12–14.
3. Устинов, Б. С. Машины для реконструкции рулонных кровель / Б. С. Устинов // Механизация строительства. — 1999. — № 2. — С. 5–7.
4. Измельчитель: пат. ВУ 5452 С1, кл. В02С17/10, В28С5/20, В09В3/00 / Б. С. Устинов, Д. Б. Устинов; опубл. 24.04.2003 // Нац. центр интеллектуал. собственности Респ. Беларусь.
5. Порошок вяжущий из кровельных битумных отходов старого водоизоляционного ковра ПКБОВ-5 (Опытная партия): ТУ ВУ 200002511.001-2010.
6. Способ реконструкции совмещенной крыши: пат. RU 2393309 С2, Е 04 G 23/03 / Б. С. Устинов, Д. Б. Устинов (Российская Федерация); опубл. 27.06.2010 // бюл. № 18.
7. Машина для резки кровельного покрытия: пат. ВУ 9778 С1, Е 04 D 15/00 / Б. С. Устинов, Д. Б. Устинов (Республика Беларусь), 2007.
8. Рекомендации по проектированию и ремонту рулонных кровель с переработкой рубероидных отходов в вяжущий порошок, применяемого вторично в устройстве дренажной системы восстанавливаемой крыши для осушения теплоизоляции: Р5.08.059.09 / БрГТУ; разработ. Б. С. Устинов, Д. Б. Устинов. — Минск: РУП "Стройтехнорм".
9. Способ устройства изолирующего мастичного слоя при ремонте кровли: пат. ВУ 12265 С1, Е 04 G 23/03 / Б. С. Устинов. (Республика Беларусь), 2009 // Нац. центр интеллектуал. собственности Респ. Беларусь.
10. Установка для приготовления асфальта: пат. ВУ 11841 С1, Е 01 С 19/02 / Д. Б. Устинов, Б. С. Устинов (Республика Беларусь), 2009.
11. Способ устройства противофильтрационного экрана: пат. ВУ 6283 С1, Е 02 В 3/16, С 08 L 95/00 / Б. С. Устинов (Республика Беларусь), 2004.
12. Способ захоронения твердых отходов: пат. ВУ 7031 С1, В 09 В 1/00, G 21 F 9/16 / Б. С. Устинов (Республика Беларусь), 2005.
13. Измельчитель твердых битумных материалов: пат. ВУ 13310 С1, кл. В02С18/00 / Б. С. Устинов, Д. Б. Устинов; опубл. 30.04.2010 // Нац. центр интеллектуал. собственности Респ. Беларусь.