

Таким образом, разработанная нами экспертная система нечеткого вывода на базе пакета Fuzzy Logic Toolbox в среде MatLab позволила определить класс технического состояния конструкции на основе 6-ти вышеперечисленных факторов, что было подтверждено в оценивании реальных строительных конструкций.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тур, В.В. Применение теории нечетких множеств при оценивании технического состояния конструкции по характерным дефектам для реального строительного объекта / В.В. Тур, Ю.С. Яловая // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. – 2014. – № 1 (86): Строительство и архитектура. – С. 91-96.
2. Рекомендации по оценке надежности железобетонных конструкций эксплуатируемых и реконструируемых зданий и сооружений: Р 1.03.0.42.07. – Брест: БрГТУ, 2007. – 60 с.

УДК 692.6.002.5

Устинов Д.Б.

ПЕРЕРАБОТКА И ВТОРИЧНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ КРОВЕЛЬНЫХ БИТУМНЫХ ОТХОДОВ

Рулонный водоизоляционный ковер на совмещенных крышах является наиболее распространенным конструктивным кровельным элементом в массовом строительстве различных зданий и сооружений. Начиная с 1960 года, в СССР на зданиях и сооружениях возводились типовые плоские крыши с битумными кровлями из рубероида, объем которых составляет 75–80% от общего объема всех возведенных крыш.

Эксплуатационные качества таких водоизоляционных ковров в значительной степени зависят от наличия технологической влаги в теплоизоляции крыши, которая может увлажняться атмосферными осадками в построечных и эксплуатационных условиях. Избыточная влага в конструкции совмещенной крыши выводит из строя водоизоляционный ковер в результате появления на его поверхности вздутий, разрывов и трещин. Протечки через разрывы в кровле приводят к переувлажнению теплоизоляции и к снижению её теплозащитных функций.

Для предотвращения появления на рулонной кровле совмещенных крыш таких дефектов и осушения теплоизоляции предусматривается устройство дышащих кровель с использованием в их нижнем слое перфорированных рулонных материалов.

При ремонте рулонных кровель требуется не только осушить теплоизоляцию на крыше, но и решить задачу вторичного применения кровельных битумных отходов.

В последнее время в Беларуси с нарастанием ведутся работы по реконструкции и ремонту рулонных кровель на различных зданиях и сооружениях, производится массовая тепловая модернизация жилых домов с доутеплением их стен и крыш. При этом образуется десятки тысяч тонн битумосодержащих отходов (рис. 1).



Рисунок 1 – Кровельные битумные отходы

Если говорить только о крышах, то это десятки миллионов квадратных метров рубероидных битумных кровель, которые необходимо заменить новыми. Кроме этого, на заводах, выпускающих рулонные кровельные материалы, также ежегодно образуются большие объемы технологических отходов с содержанием в них кровельного битума. Аналогичные кровельные отходы накапливаются при ремонте и восстановлении битумной изоляции на протяженных трубопроводах, транспортирующих нефть и газ. А это огромные объемы битумных отходов, которые вполне могут быть переработаны и вторично с большим эффектом использованы в тех же модернизируемых крышах, включая и новое строительство.

В целом при проектировании зданий должен быть заложен рациональный и коммерческий подход на перспективу, заключающийся в комплексном использовании строительных отходов, которые будут обязательно образовываться при реконструкции или сносе обветшавших конструкций или целых сооружений. При этом строительные отходы следует утилизировать полностью, а соответствующую технологию разрабатывать с учетом возможностей переработки отходов до продукции, которую можно применить вторично в строительстве. Старый испытанный метод проектирования зданий, при котором, к сожалению, не прогнозируется проблема физического износа сооружений или отдельных строительных конструкций при их сносе с образованием отходов, должен уступить место более прогрессивному и экономичному.

Традиционно при ремонте кровли восстанавливались посредством наклейки на них дополнительных слоев рубероида на битуме. В настоящее время такие крыши представляют собой своеобразные кладовые с большим содержанием дефицитного битума: в 1 м^2 кровли содержится от 20 до 70 кг и более битума. В многослойных старых кровлях приклеивающиеся битумные мастики и битумы, находясь в межслойных кровельных промежутках из рулонных материалов, не испытывали прямых разрушительных воздействий солнечной радиации и ультрафиолетового излучения и не подвергались химическим изменениям своих мицелл и в целом – деструкции битумного материала. Поэтому первоначальные физико-механические свойства битумов в кровельных отходах из рулонных материалов пригодны для вторичного их использования. Такие кровли, как правило, разбираются вручную, при этом использовался тяжелый ручной труд по разборке слоев кровли, а кровельные отходы с содержанием вполне качественного битума поточно вывозились на свалки. Эти битумные отходы в массовом производстве не утилизируются и дополнительно с другими отходами негативно отражаются на экологии с уничтожением природных ресурсов.

Вопрос о переработке и вторичном применении в производстве кровельных битумных отходов возник у специалистов Брестского государственного техни-

ческого университета еще в 1985 году при масштабной реконструкции огромных площадей плоских крыш на промышленных зданиях в Беларуси (А. с. СССР №№ 1368291, 1987 г; 1470710, 1988 г; 1484367, 1989 г; 1551420, 1989 г).

Необходимо отметить, что переработка вязких битумных, в частности, кровельных отходов представляет собой сложную технологическую задачу. Традиционный ручной способ разборки старых рулонных кровельных ковров на основе армирующих картона и стеклоткани с помощью топоров и лопат является непроизводительным и утомительным для кровельщиков. Для повышения культуры производства, производительности и облегчения труда кровельщиков в БрлТУ были разработаны и изготовлены пять универсальных моделей машин МРК 1 – 5 (А.с. СССР 1749420, 1749421, 1813861, Пат. ВУ 7815, 9778) для резки кровельных ковров и разборки неармированных цементных и асфальтовых покрытий (рис. 2).



Рисунок 2 – Машины для резки кровли МРК

В заводском исполнении было изготовлено более 100 машин модели МРК 1–5 с реализацией их в Беларуси, России, Украине и др.

Машинный способ разборки рулонных кровельных ковров позволяет повысить культуру производства и производительность кровельщиков более чем в 8 раз. При этом резко снижается физическая нагрузка оператора, поскольку осуществляется самоперемещение машин в работе с аккуратной нарезкой кровельных отходов в виде мелких пластин.

Куски и пластины кровельных отходов с покрытия на землю транспортируются по рукавному трубопроводу (А.с. СССР 1742169). Рукав состоит из системы легких металлических или пластмассовых сборных труб, объединенных между собой гибкими связями. Не сложный и быстрый монтаж и демонтаж такого рукавного трубопровода позволяет осуществлять вертикальную транспортировку сыпучих материалов с высотной отметки более 30 м. При этом резко повышается производительность транспортировки, сокращаются энергозатраты и не наносится ущерб экологии.

Считалось, что вязкие битумные материалы вообще не поддаются мельничному измельчению на известных агрегатах. Специалисты БрлТУ разработали гидроизмельчитель и провели опытные производственные испытания в 1985 году на Осиповическом картонно-рубероидном заводе (Беларусь) по измельчению технологических отходов в воде.

Все испытания прошли успешно. Приоритет этого технического решения БрлТУ защищен авторскими свидетельствами (А. с. СССР №№ 1368291, 1470710, 1484367, 1551420, 1669551).

Однако битуминозная гидромасса не обладает технологичностью, требует энергемкого оборудования по удалению воды из смеси, обладает сезонностью и ограниченной областью применения. Между тем, принцип измельчения тяжелых вязких битумных кусков в гравитационной водной среде послужил подсказкой и идеей измельчать отходы во взвешенном сухом состоянии. Поэтому был создан высокоскоростной мельничный агрегат с постоянно изменяющимся внутренним рециклом в размольной емкости, позволяющим в гравитационной среде измельчать битумные отходы и битумы твердых марок в порошок (Патенты РФ №№ 2010, 1997 г.; 5452, 2003 г.; 6872, 2004 г.) (рис. 3).

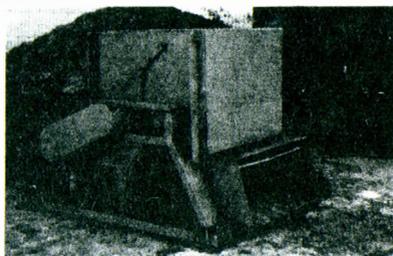


Рисунок 3 – Машина ИБС для измельчения битумных отходов

При создании машин ориентировались на малогабаритные и мобильные варианты их применения непосредственно в черте города. Они могут использоваться на строительных площадках или в передвижных мобильных пунктах по переработке битумных отходов.

В рабочем состоянии машины не выделяют вредные выбросы в атмосферу и удовлетворяют всем требованиям экологической безопасности.

Порошок после измельчения кровельных битумных отходов (далее – КБО) на машинах выходит неоднородной фракции. В производстве как вяжущий материал применяют порошок фракции до 5 мм. Поэтому после измельчения для получения битумного порошка нужной фракции он просеивается через систему сит на виброгрохоте (Патент РФ 9992, 2007 г.) (рис. 4).

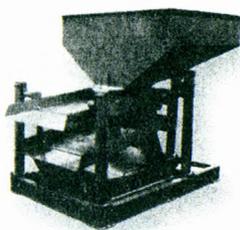


Рисунок 4 – Виброгрохот

На основе исследований, математического моделирования и анализа конструктивных и эксплуатационных характеристик разработанных машин были созданы 4 модели измельчителей ИСБ 1 – 4 и 2-х виброгрохотов.

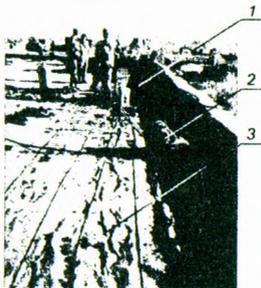
После классификации на виброгрохоте порошок фракции до 5 мм размещают в герметичных мешках и отправляют на склад, а оставшуюся на ситах крупную

фракцию порошка из КБО снова загружают в машину на доизмельчение. Причем крупная фракция (крупнее 10 мм) порошка, содержащего картонную основу рубероида, может быть использована как добавка для обогащения и повышения теплопроводной способности местного древесного топлива (дрова, опилки и т.д.) в котельных. Таким образом, осуществляется стопроцентная переработка КБО.

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 с дождем 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 традиционно, чтобы не рисковать, обходятся затратными и неэффективными локальными ремонтами кровель с коротким сроком их эксплуатации. Традиционно все ремонтные кровельные работы выполняют в теплое время года. А это сравнительно непродолжительный рабочий промежуток времени, особенно в суровых климатических районах строительства с коротким летним периодом. Усложняется и сам технологический процесс ремонта крыш в уже сложившейся застройке, например на многопролетных промышленных зданиях со сложными перепадами профилей кровель. При этом возникают неудобные и протяженные пути доставки кровельных материалов по самой кровле на рабочие захватки.

Применение битумных порошков в ремонтных кровельных работах позволяет принципиально изменить существующую традиционную технологию реконструкции совмещенной крыши на новую. Принцип рассматриваемой технологии в частности заключается в следующем. Определяют размер захватки 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 машинной МРК, 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 из подкровельного диффузионного осушающего промежутка должен осуществляться через специально предусматриваемые продухи в узлах примыкания кромок восстановленного нового рулонного ковра. 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 неприклеенные подкровельные участки, и независимость их температурных деформаций. На стеклянную сетку рассыпают ровным слоем толщиной 6-8 мм смесь из измельченных КБО в порошок фракции до 5 мм и цемента. Эту битуминозную смесь нагревают газовой горелкой до полного расплавления битума до жидко-текущего 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 и по-

звояет 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 порошковую 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. 5).



1 – новый укладываемый мастичный слой из смеси битумного порошка и цемента;
 2 – машина для резки рулонного ковра кровли; 3 – разбираемая рулонная кровля
 Рисунок 5 – Последовательность разборки старой кровли с устройством мастичного слоя из смеси битумного порошка и цемента

Так последовательно на захватках крыши разбирают старые слои рубероидного ковра с одновременным устройством изоляции на вскрытой от кровли стяжке из водонепроницаемого мастичного слоя на основе битуминозной порошковой смеси. 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 работах 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 КБС 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 транспортабельных мешках 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. Лицевая сформированная поверхность асфальта обладает высокими водоизоляционными свойствами, по которой затем в спокойном технологическом ритме качественно наклеивают новые слои из товарных кровельных рулонных материалов. При ремонте совмещенных крыш вторично в их конструкциях может использо-

ваться 12-15% вяжущего порошка из КБО). Остальная часть переработанных в вяжущий порошок КБО с большим эффектом может быть использована при изготовлении асфальтобетонов из местных минеральных наполнителей: песок, гравий, шлак. 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 структурообразующего 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 водоустойчивостью. 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 стандартов. На основе вяжущего порошка из КБО непосредственно на строительном объекте (включая отдаленные без энергоснабжения) на мобильном агрегате РДЖ-2,8 приготавливают асфальтобетонные смеси для дорожных ремонтных работ, противифильтрационных экранов на полигонах ТБО и захоронения токсичных твердых отходов в качестве матрицы.

Более полная информация о ремонте и утеплении совмещенных крыш представлена в технических условиях ТУ ВУ 200002511-001-2010 и Рекомендациях (Р5.08.059.09) с нормативным изложением регламента по проектированию и ремонту рулонных кровель, которые разработаны Брестским государственным техническим университетом и зарегистрированы в РУП «Стройтехнорм» (Беларусь). В Рекомендациях Р5.08.059.09 отражены новые патентованные конструктивные решения и технологические приемы по тепловой модернизации совмещенных крыш на зданиях различных типов. При этом в качестве исходного сырья используются вяжущие порошки из КБО, позволяющих на их основе приготавливать новые теплоизоляционные и кровельные материалы и с большим экономическим эффектом вторично их применять в конструкциях восстанавливаемых крыш с хорошим качеством строительства.

Строительные битумные отходы, переработанные в порошок для вторичного использования в производстве, сохраняют все свои первоначальные свойства по безопасности в применении и эксплуатации.

Области применения порошка из строительных битумных отходов в различных смесях приведены в таблице 1.

Таблица 1

Вид смеси	Область применения
Кровельные битумные горячие и холодные мастики и пасты:	<ul style="list-style-type: none"> — для устройства покровного слоя под кровлю на поверхности стяжки и теплоизоляции; — для приклеивания плитных теплоизоляционных изделий на крыше; — для заделки раковин и неровностей на стяжке и внутренних поверхностях парапета

Продолжение таблицы 1

Вид смеси	Область применения
Асфальтобетонные смеси:	<ul style="list-style-type: none"> - для ремонта внутриквартальных городских и сельских дорог и тротуарных покрытий, площадок, а также для ямочного ремонта; - для безыскровых полов в промышленных зданиях и сооружениях
Асфальтовые смеси:	<ul style="list-style-type: none"> - для устройства литой стяжки на крыше; - для устройства противодиффузионных экранов на полигонах ТБО; - для матрицы при футеровке токсичных твердых отходов
Теплоизоляционные смеси:	<ul style="list-style-type: none"> - для монолитной теплоизоляции и изготовления плитных сборных изделий (керамзитобитумные, перлитобитумные, шлакобитумные и др.)
Сухие дозированные сыпучие смеси в упаковке с различными минеральными наполнителями:	<ul style="list-style-type: none"> - для использования в мобильных условиях строительства; - для реализации индивидуальным застройщикам; - в природоохранных сооружениях

Учитывая, что при восстановлении плоских крыш снова применяют рулонные кровельные материалы с покровным слоем из битума, то рассматриваемые технологии и оборудование рассчитаны и на перспективу. При этом решаются вопросы ресурсосбережения и экологии.

Кроме того, решаются и важные социальные вопросы: создаётся повсеместно большое количество дополнительных рабочих мест и обеспечивается занятость населения. Без отселения жильцов из домов и остановки производства в промышленных цехах, осуществляется модернизация кровельных конструкций с дополнительным утеплением крыши и с улучшением комфортности проживания людей, предотвращается сбой в работе и порча технологического оборудования в производственных корпусах.

Данная инновационная работа в 2006-2011г. экспонировалась на международных выставках-конкурсах инновационных проектов в Москве и Санкт-Петербурге и была награждена 2-мя золотыми и 2-мя серебряными медалями.

УДК 666.972.69; 691.32

Федорович П.Л., Смоляков А.В., Дрозд А.А., Батяновский Э.И

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ГРАНИТНЫХ ОТСЕВОВ РУПП «ГРАНИТ» В ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНАХ

ВВЕДЕНИЕ

Результаты исследований, выполненных в БНТУ, показали возможность 100%-го использования отходов камнедробления, образующихся на РУПП «Гранит» Брестской области Беларуси при производстве крупного заполнителя для бетона. Известно, что «прямое» применение гранитного отсева вместо песка в качестве мелкого заполнителя бетона (раствора) практически невозможно, т.к. сопровождается резким ухудшением физико-механических и эксплуатационных свойств этих материалов. Данное явление связано с повышенным со-