

ТИПОЛОГИЯ СОВРЕМЕННЫХ МУСОРОСЖИГАТЕЛЬНЫХ ЗАВОДОВ (ТБО)

Попов Дмитрий Владимирович,

аспирант.

Научный руководитель: кандидат архитектуры, профессор А. А. Фисенко.

Московский архитектурный институт (Государственная академия).

Москва, Россия, e-mail: d.popov@markhi.ru

УДК 725.4.05

ББК 38.4

Аннотация

Дан краткий анализ истории появления и развития современных мусоросжигательных заводов. Проведена их типологизация и сформулирован новый тип предприятия по переработке и утилизации ТБО. Со временем утилизационная суть мусоросжигательных заводов отошла на второй план, уступив место переработке в сырье и энергию, а общественные функции встали наравне с утилитарными. В западной практике появились новые термины, более конкретно определяющие типы производства и их составляющие, которые до сих пор не приняты в отечественных профессиональных кругах. Выявлены градостроительные и архитектурные критерии каждого типа с технологическим обоснованием и примерами из мирового опыта.

Ключевые слова:

мусоросжигательный завод, завод по переработке отходов в энергию, сортировка ТБО, полигон ТБО, диоксины

За время своего существования мусоросжигательное предприятие как тип пережило ряд принципиальных изменений в силу развития технологической и архитектурной мысли. На основе краткого исторического анализа автором выделено три поколения мусоросжигательных заводов. Признаки, по которым предприятия относились к тому или иному поколению, имеют принципиальное значение для формирования их архитектуры и формирования окружающей территории. В современной отечественной литературе упоминается предприятие первого типа – морально устаревшее экологически опасное производство с низкой производительностью; это самый распространенный тип, доставшийся нынешним постсоветским странам как наследие СССР. Со временем некоторые из них были закрыты, другие модернизированы, что, несомненно, позволило снизить объем загрязняющих веществ, но не возымело принципиального влияния на архитектуру, городскую среду и негативное отношение общества к данному типу производства. Последнее становится главной задачей для тех стран, где производительность и степень очистки выбросов достигли такого уровня, что их называют предприятиями с нулевым выбросом и нулевым остатком. Ведь термический способ признан самым безопасным и современным способом утилизации мусора с момента появления печей, способных нейтрализовать диоксины, тем не менее, даже в самых передовых в этой отрасли странах планы строительства таких предприятий сопровождаются многочисленными спорами об их безопасности и волнениями общественности. В России особенно актуален вопрос в свете событий, разворачивающихся в Московской области и повышенного внимания властей к отрасли в целом. Требования общественности о закрытии нескольких полигонов ТБО были предвосхищены планами администрации города Москвы о строительстве в области четырех мусоросжигательных заводов (рис. 1) как более современной и экологически безопасной альтернативе полигонам, однако эти планы также не нашли поддержки активистов, которые считают, что это может принести еще больший вред экологии [5]. Справедливость таких заявлений зависит от контекста и может

выражать простое недоверие к добросовестности лиц, ответственных за проектирование и строительство планируемых заводов, а может быть просто плодом заблуждений и недостатка знаний о достижениях человечества в данной отрасли. Именно с этой задачей призвана бороться архитектура современных предприятий, но прежде чем говорить о ней, важно проследить путь становления мусоросжигательных заводов с момента их появления.



Рис. 1. Расположение МСЗ и полигонов в Московской области согласно территориальной схеме. Источник: Харламова М.Д., Курбатова А.И. Твердые отходы: технологии утилизации, методы контроля, мониторинг. М., 2018. С. 15

Согласно Катрин де Сильги [4], централизованная термическая утилизация твердых бытовых отходов начинается с первой четверти XIX в. в Австрии, но лишь к концу века во Франции с развитием науки и медицины, особенно гигиены, формируются первые предпосылки культуры обращения с отходами. Процесс сжигания рассматривался не только как способ сокращения затрат на транспортировку отходов до места захоронения, но и как способ обеззаразить массу за счет сжигания биоразлагаемой фракции. Первое предприятие, оснащенное специализированной установкой для сжигания отходов, было построено в Ноттингеме (Англия) в 1874 г. Позднее в Англии, а затем в США помимо отдельно стоящих мусоросжигательных установок появились печи, встраиваемые в жилые здания по принципу мусоропровода, который доставлял отходы непосредственно в котел сжигания, размещенный обычно в подвале дома [4].

И хотя такой прием имел ряд серьезных недостатков, из-за чего впоследствии от него повсеместно отказались, это стало фактически первым прецедентом использования энергии, полученной путем утилизации отходов.

Отрицательно отнеслись к термической утилизации агрономы, негативно воспринявшие бесполезное сжигание органики, которая традиционно использовалась в сельском хозяйстве и служила кормом домашнему скоту. В 1896 г. в Сент-Уане появился первый завод по измельчению отходов, который ненадолго заменил мусоросжигательные установки и стал прародителем современных предприятий переработки: качественный состав большей части отходов того времени позволял измельчать в полном объеме массу поступающих бытовых отходов для получения субстанции, используемой в качестве удобрения. Однако необходимость в утилизации неустраивавшего излишка этого удобрения инициировала строительство цеха для сжигания. Впоследствии все мусороизмельчительные заводы, которые появились в то время, были оснащены такими цехами.

История современного мусоросжигательного завода начинается в 1930 г. с изобретением колосниковой решетки для котла сжигания, который впоследствии получил широкое распространение во всем мире и в модернизированном виде до сих пор остается самым распространенным типом котлоагрегата для сжигания твердых бытовых отходов.

Практически одновременно с этим в начале 30-х гг. было открыто губительное воздействие полихлорпроизводных дибензодиоксина (диоксинов) на живые организмы и окружающую среду, а мусоросжигательные предприятия были названы одним из трех основных источников загрязнения окружающей среды этими веществами в мире [8]. Потребовалось не одно десятилетие, прежде чем были разработаны эффективные способы нейтрализации диоксинов и фуранов, в это время появилась практика регулирования градостроительных проектных решений и устройства санитарных зон для снижения непосредственного опасного воздействия на горожан. Получили развитие технологии очистки дымовых газов, которые, как выяснилось впоследствии, могут быть эффективно очищены от диоксинов на этапе сгорания отходов. Тем не менее, технологическая цепочка постепенно дополнялась новыми ступенями, которые позволяли эффективно бороться с примесями тяжелых металлов и других вредных веществ, не относящихся к диоксидам. В процессе развития система газоочистки была выделена в отдельный блок.

Первые предприятия, на которых устанавливались печи с колосниковой решеткой, стали заводами первого поколения. Они имели единственную главную функцию – утилизировать твердые бытовые отходы. Развитие технологий со временем позволило получать выгоду из побочных процессов утилизации: сбор энергии и сортировка несгораемого остатка. Однако эти функции имели второстепенный характер и были направлены на экономию в убыточном утилизационном процессе. Потребовалось время для осознания потенциала, который таят в себе отходы, но прежде чем это произошло, заводы имели конкретную утилизационную цель и назывались соответственно мусоросжигательными.

Характерным градостроительным фактором мусоросжигательных заводов традиционного типа является необходимость в полигоне ТБО для захоронения несгораемого остатка. Для этого их размещали вблизи существующих полигонов или устраивали новые в логистической доступности. Требовалась соответствующая инфраструктура и соответствующие решения генерального плана, логистические площадки, развитый парк транспорта и условия для его обслуживания.

Строительство мусоросжигательных заводов позволяло сократить поток отправляемых на захоронение твердых бытовых отходов, но не пресекало его. Решение для строительства тако-

го предприятия с учетом всех экологических и экономических недостатков принималось как выбор меньшего из «зол» перед необходимостью устройства полигона для захоронения ТБО. Вследствие этого образ традиционного мусоросжигательного завода как опасного и неэффективного производства закрепился в общественном сознании и вплоть до наших дней является одной из важнейших проблем проектирования и строительства предприятий переработки и утилизации ТБО.

Заводами по переработке отходов в энергию (англ. Waste-to-Energy plant) на западе стали называть производства, способные достаточно эффективно использовать высвобождаемую в процессе горения энергию, чтобы ее хватило не только на потребности предприятия, но и для отпуска населению в виде тепла или электричества. Чтобы это стало возможным, требовалось повысить энергоемкость сжигаемых отходов. Отходы в данном случае служат топливом для производства энергии. По сути своей это – электростанция, работающая на отходах. Сортировка не столько способ вернуть в обиход вторсырье, сколько эффективный способ повысить энергоемкость поступающих в производство отходов.

Заводы такого типа начали строить в 70-е гг. в условиях энергетического кризиса [7]. В то же время была написана первая Рамочная Директива по отходам – попытка Европейского Союза урегулировать основные процессы в системе управления отходами на законодательном уровне. Сейчас Директива 2000/76/ЕС (последняя редакция) задает допустимый уровень вредных выбросов, а, главное, в ней твердые бытовые отходы и топливо из отходов рассматриваются как два разных понятия [9]. Таким образом, страны Европейского Союза сделали огромный шаг в сторону циклической экономики, в которой заводы по переработки отходов в энергию займут центральное положение. До этого момента все развитие предприятий данного типа концентрировалось на технологиях: сортировка, сжигание, производство энергии, очистка дымовых газов. В данном случае речь идет о заводах второго поколения, отличающихся от первого своей многофункциональностью, отразившейся в технологической цепочке, архитектурной композиции, которую она формирует, а также в самой терминологии: утилизационная функция отошла на второй план, уступив место переработке в энергию.

До 90-х гг. продолжалась гонка за высокие показатели. Стали появляться предприятия, позиционирующие себя как предприятия с нулевым выбросом и нулевым остатком. Это стало возможно благодаря появившейся технологии дожигания дымовых газов, позволившей решить задачу нейтрализации диоксинов, которую не удавалось реализовать на этапе газоочистки. Разработанные камеры дожигания дымовых газов непосредственно связаны с котлоагрегатами и создают условия высоких температур (до 140 °С). Несколько секунд такого воздействия практически полностью нейтрализуют весь объем диоксинов.

Первый мусоросжигательный завод Шпиттлау был построен в Вене в 1971 г. После пожара 1987 г. власти Вены решили восстановить производство на прежнем месте, для чего обратились к архитектору Фриденсрайху Хундертвассеру. Архитектор вспоминает, что сначала отказался от проекта: строительство грязного (в его представлении) производства противоречило его приверженности идеям экологичности и устойчивого развития. Ему был представлен проект технологического оснащения завода, что убедило его в безопасности производства, и он взялся за проект, который был реализован в 1992 г. В отличие от предыдущих предприятий данного типа, архитектор учел в проекте крайне важный аспект – проектируемый объект располагался в непосредственной близости к жилым зданиям, что отразилось на его внешнем облике и функциональном зонировании: дизайн фасада соответствовал масштабу окружающей застройки, а в здании самого завода появились общественные функции. Таким образом, была предвосхищена главная задача современных предприятий переработки отходов в энергию: воспитательная функция. В условиях, когда технологический уровень достиг максимума,

внимание проектировщиков постепенно переключилось на поиск новых элементов системы управления ТБО. Кроме технологического развития, этому способствовали разные социальные, экономические и политические процессы. В 80-х гг. в Германии принят закон о раздельном сборе ТБО, в экономиках стран ЕС проявляются очертания экономики замкнутого цикла, а документы, нормирующие допустимый уровень выбросов вредных веществ таких производств, уточняются в соответствии с результатами эксплуатации новых предприятий.

Смелое решение Хундретвассера показало новый подход к архитектуре предприятий переработки и утилизации ТБО. Главное отличие архитектуры Шпиттелау – завод не старается стыдливо скрыть «грязное» производство, а выставляет всю систему обращения с отходами на всеобщее обозрение. Вместо обнесенного бетонным забором безликого ангара, спрятанного за чертой города, получилось здание, которое всем своим видом обращает внимание на проблему переработки отходов, более того, приглашает непосредственно познакомиться с процессом и принять в нем участие.

Эту идею подхватили другие архитекторы: в дальнейшем заводы по переработке отходов в энергию при условии соответствия последним экологическим требованиям стали размещать в черте города в нетипичной близости к жилым и общественным зданиям. Так, в Париже размещено три завода по переработке отходов в энергию в шаговой доступности от Лувра. На фасадах – вертикальное озеленение, натуральные материалы, витражное остекление, благоустроенные пешеходные зоны – далеко не каждый сможет опознать мусоросжигательное назначение данных объектов.

Воспитательная цель в данном случае имеет две задачи: просветительскую и мотивационную. Даже в европейских странах новость о строительстве нового завода по переработке отходов в энергию сопровождается общественным противостоянием, основанным на исторически сложившемся стереотипе об опасности такого производства. Мотивационная же заключается в формировании и поддержании высокого уровня культуры обращения с ТБО. Когда технологии работают на сто процентов, рычагами управления становятся социальные процессы.

Специалисты из «2012Архитекторов» (группа в «ВКонтакте») делятся своим опытом ресурсоориентированного проектирования, описываемого в статье «Город из отходов», суть которого можно свести к следующему: максимально использовать в дизайне и проектировании материальные и нематериальные ресурсы, доступные «на месте». В результате такой работы ими было представлено здание Виллы Вельпелоо в Эншеде (Нидерланды), материалы для строительства которой были получены из отработанных производственных машин местной текстильной фабрики и бракованных кабельных катушек с соседнего производства. Этими же принципами они руководствуются и в предметном дизайне. Фактически они выполняют функцию сортировочной ступени, беря на себя часть производственной нагрузки перерабатывающего предприятия, а производимые ими продукты по окончании срока службы смогут легко стать материалом для новых продуктов. Это и есть пример циклической экономики, тезисы которой сформулированы Фондом Эллен Макартур, а спекулятивный дизайн назван одним из ее основополагающих условий [11].

В масштабах города или даже страны центральное положение в этой экономике заняли предприятия по переработке отходов в энергию, а их архитектура из утилитарной стала спекулятивной. Появление социальных аттракторов позволило стратегически планировать жизненный цикл таких предприятий, что находит выражение в архитектуре и формирует задачи в каждом конкретном проекте.

Наглядный пример такого предприятия – завод по переработке отходов в энергию на полуострове Амагер в Копенгагене по проекту датского архитектора Бьярке Ингельса. Руководству-

ясь принципами устойчивого развития, архитектор вышел за пределы формального объемно-пространственного проектирования и предложил схему развития целого района Копенгагена, в которой центральное положение должен занять новый мусоросжигательный завод. Эта схема представляет собой сценарий развития полуострова, состоящий из следующих этапов:

- завод расчищает территорию, утилизируя стихийные свалки;
- отходы этих свалок перерабатываются в энергию и твердый остаток с дальнейшей сортировкой;
- полученные материалы идут на развитие инфраструктуры на расчищенных территориях острова;
- вся электроэнергия, необходимая для этих процессов, также получена в процессе переработки отходов;
- при формировании инфраструктуры создаются спортивные объекты в дополнение к уже существующим на острове;
- завод берет на себя функцию главного спортивного объекта и объединяет остальные в единый кластер экстремальных видов спорта;
- с постепенным сокращением доли отходов со свалок в поступающей на производство массе ТБО повышается ее энергоемкость. За счет этого возрастает производство энергии в условиях растущего в процессе развития региона спроса;
- привлечение большего числа посетителей за счет общественных функций повышает эффективность воспитательной работы с населением через различные архитектурные аттракторы;
- формируемая сознательность граждан в обращении с ТБО делает их инструментом регулирования в системе [3].

Мусоросжигательный завод Шпиттелау стал первым заводом третьего поколения, а завод Бьярке Ингельса только укрепил вектор развития архитектуры таких предприятий и более уверенно сформулировал ключевые идеи нового взгляда на проблему управления ТБО.

Анализ истории развития предприятий переработки и утилизации ТБО можно представить в виде последовательности возникновения новых функций (рис. 2).

На рис. 2 представлена условная последовательность критериев, в соответствии с которыми предприятие можно отнести к тому или иному поколению. Последовательность не случайна: выполнение каждого следующего условия становится возможным только при выполнении предыдущих. Так, например, для полноценного эффективного производства энергии необходима серьезная мусороподготовка, которая позволит максимизировать энергоемкость поступающих на сжигание отходов, а интеграция общественных функций (которая зачастую

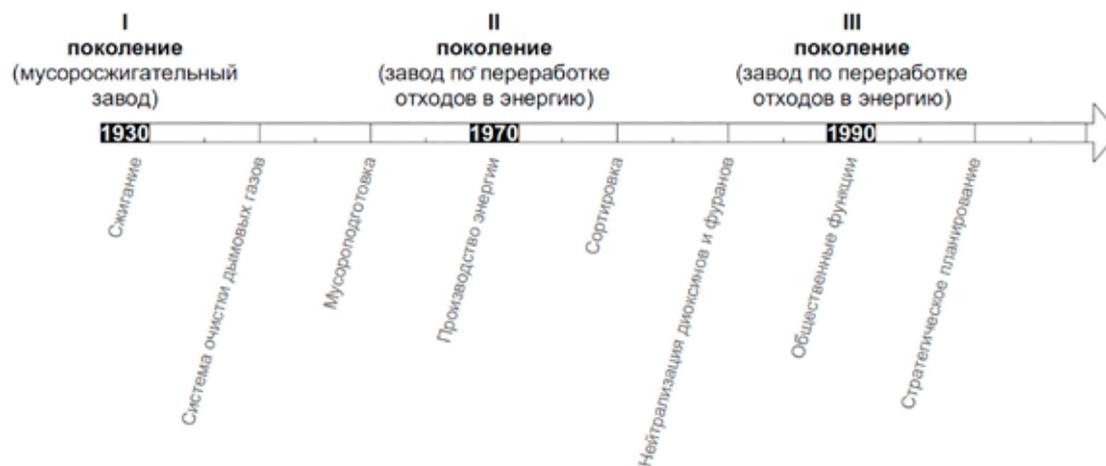


Рис. 2. Функциональное развитие мусоросжигательного завода от утилизационного предприятия до многофункционального общественного комплекса

подразумевает отсутствие санитарных зон) становится возможной при полноценной очистке дымовых газов и технологий нейтрализации диоксинов и фуранов.

Отечественный опыт проектирования мусоросжигательных заводов начинается в Советском Союзе в конце 70-х гг., когда было принято решение о строительстве первых десяти мусоросжигательных заводов в восьми крупнейших городах. Несмотря на накопленный опыт стран запада в данной отрасли, советские заводы строились практически без какой-либо очистки. В методических указаниях по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от мусоросжигательных и мусороперерабатывающих заводов, опубликованных в 1989 г. министерством жилищно-коммунального хозяйства РСФСР, утверждена технологическая схема (рис. 3), очистка дымовых газов в которой осуществляется единственным электрофильтром [2].

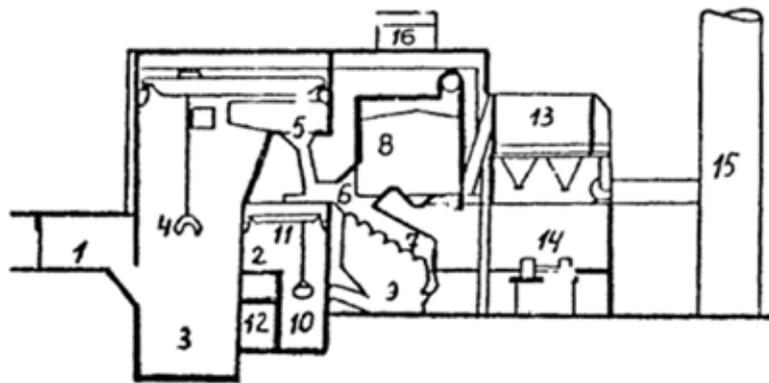


Рис. 3. Технологическая схема мусоросжигательного завода:

1 – разгрузочная площадка для мусоровозов; 2 – площадка для транспорта вывоза остатков; 3 – приемный бункер; 4 – мостовой кран с грейферным ковшом; 5 – приемная воронка котла; 6 – питатель; 7 – валовая колосниковая решетка; 8 – парогенератор; 9 – система шлакоудаления; 10 – бункер шлака и золы; 11 – кран для погрузки шлакозолоотходов; 12 – помещение бакоохлаждающей воды и отстоя; 13 – электрический фильтр; 14 – турбогенератор; 15 – дымовая труба; 16 – воздушный конденсатор. Источник: Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от мусоросжигательных и мусороперерабатывающих заводов. М., 1989

В Москве по этой технологии было построено три мусоросжигательных завода: «Эколог» (для утилизации биологически опасных отходов), спецзаводы №2 и №3 – для утилизации ТБО. Эти предприятия не производили энергию, обходились одноступенчатой системой газоочистки и представляли собой морально устаревшее производство уже на этапе проектирования. Лишь в 2001 г. спецзавод №2 был модернизирован, став фактически первым в Российской Федерации мусоросжигательным заводом, способным производить энергию; в 2007 г. был реконструирован спецзавод №3, в котором также был доработан энергоблок и система газоочистки. Реконструкция обеспечила предприятия технологическими признаками мусоросжигательного завода второго поколения. Однако современное состояние всей системы обращения с ТБО не позволяет в полной мере реализовать потенциал, который заложен реконструкцией, и который, оставаясь не реализованным, не позволит говорить о дальнейшем развитии этих заводов.

В статье выделены три типа мусоросжигательных заводов, именуемых «поколениями» в силу исторической преемственности. Архитектура особенно активно отвечает на эту преемственность, поэтому важно четко понимать не только внутренние факторы, но и внешние условия, которые сделали это развитие возможным в передовых западных странах:

– разработаны нормативные документы, которые дают четкие определения твердых бытовых отходов, введены понятия топлива из отходов и несортируемого остатка, введен запрет на сжигание отходов, если их морфология допускает сортировку, законодательно закреплена обязанность раздельного сбора ТБО;

- создана инфраструктура для отдельного сбора отходов;
 - разработаны государственные программы и соответствующая инфраструктура по сбору опасных отходов.
 - созданы пункты приема вторсырья с системой поощрения, а также пункты приема бывших в употреблении вещей: одежды, техники и пр. с целью дальнейшего ремонта и реализации.
 - государственная поддержка бизнеса, который реализует в своей модели принципы циклической экономики;
 - воспитательно-просветительская работа с населением;
 - обеспечен свободный доступ населения к информации на каждом этапе проектирования.
- Выполнение этих условий позволяет предприятию соответствовать критериям мусоросжигательного завода третьего поколения:
- гарантировать эффективность применяемых технологий;
 - максимизировать эффективность производства энергии;
 - создать запас производственных мощностей для ликвидации существующих полигонов и стихийных свалок;
 - сформировать платформу для продвижения культуры обращения с ТБО;
 - спланировать процесс урбанизации прилегающих территорий без ущерба качеству архитектуры.

С момента возникновения мусоросжигательные заводы значительно расширили свой функционал и выстроили прочные взаимосвязи с городом. Предприятия третьего поколения появились после достижения высокого уровня экологической безопасности; как ответ на сближения с жилой и общественной застройкой они приобрели общественные функции и человеческий масштаб. В отличие от своих предшественников для них нет необходимости окружать себя безжизненными санитарными зонами, которые со временем превратятся в мертвое пятно промышленных кварталов в теле города. Впоследствии архитектура таких предприятий стала спекулятивной и они сами задают вектор развития окружающей территории. Теперь архитектура не скрывает «грязное» производство в глухих серых стенах, а, наоборот, привлекает внимание, выставляя его напоказ.

Библиография:

1. Алексашина, В.В. Экология города. Мусоросжигательные заводы / В. В. Алексашина // *Academia. Архитектура и градостроительство*. – 2014. – №4. – С. 77–86.
2. Методические указания по расчету выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от мусоросжигательных и мусороперерабатывающих заводов : офиц. текст. – М. Отдел научно-технической информации АКХ, 1989. – 22 с.
3. Попов, Д.В. Стратегическое планирование в проектировании предприятий переработке и утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) / Д.В. Попов // *Наука, образование и экспериментальное проектирование : тексты докладов*. – М.: Московский архитектурный институт, 2018. – С. 566–567.
4. Сильги, К. де История мусора: от средних веков до наших дней / Де Сильги К; пер. с фр. И. Васюченко, Г. Зингера. – М. : Текст, 2011. – 279 с.
5. Твердые отходы: технологии утилизации, методы контроля, мониторинг: учебное пособие для академического бакалавриата / М.Д. Харламова, А.И. Курбатова. – М.: Юрайт, 2018. – 311 с.
6. Уланова, О.В. Оценка жизненного цикла интегрированных систем управления отходами: монография / О.В. Уланова, А.В. Тулохонова. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. тех. ун-та, 2014. – 191 с.

7. Федоров, Л.Г. Теплоэлектростанция на альтернативном виде топлива (твердые бытовые отходы) / Л.Г. Федоров, А.С. Маякин, В.Ф. Москвичев // Энергосбережение. – 2002. – №2. – С. 39–42.
8. Шелепчиков, А.А. История диоксинов [Электронный ресурс] / А.А. Шелепчиков // Лаборатория аналитической экотоксикологии. – URL: <http://www.dioxin.ru/history/history.htm>.
9. Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council [Электронный ресурс] // Official journal of the European Communities. – 2000. – URL: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2000L0053:20050701:EN:PDF>
10. Malinauskaite J., Jouhara H., Czajczynska D. Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe // Energy. 2013. Vol.141. – P.2013-1044.
11. Towards the Circular Economy: an economic and business rationale for accelerated transition [Электронный ресурс] / Ellen Macarthur Foundation. – 2013. – Vol.1 – URL: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>

Статья поступила в редакцию 16.08.2018

Лицензия Creative Commons

Это произведение доступно по лицензии Creative Commons «Attribution-ShareAlike» («Атрибуция – На тех же условиях») 4.0 Всемирная.



TYOLOGY OF MODERN WASTE INCINERATORS (MSW)

Popov, Dmitry V.,

Doctoral student.

Research supervisor: Professor A.A. Fisenko, PhD. (Architecture).

Moscow Architectural Institute.

Moscow, Russia, e-mail: d.popov@markhi.ru

Abstract

A brief analysis of the history of waste incinerators and their typology are presented. A new type of waste incineration facility is defined. Over time, the disposal function of waste incinerators gave place to recycling and energy production while their public functions stood side by side with the utilitarian ones. New terms emerged in western practice which define more specifically types of manufacture and their constituents, which still have not been adopted by the domestic professional community. Planning and architectural criteria of each type have been identified and supported by technological rationale and by examples from the international experience.

Keywords:

Waste incinerator, waste to energy plant, MSW segregation, MSW landfill, dioxins.

References:

1. Aleksashina, V.V. (2014) Urban ecology. Waste incinerators. Academia. Architecture and urban planning, No.4, pp. 77-86. (in Russian)
2. Methodological guidelines for the calculation of pollutant emissions into the atmosphere from incinerators and waste processing plants. Moscow, Official text, 1989. 22 p. (in Russian)
3. Popov, D.V. (2018) Principles of strategic planning in MSW recycling plant's designing. In: Science, education and experimental designing. Moscow, Moscow Architectural Institute, pp. 566–567. (in Russian)
4. Silguy, C. de. (2011) History of garbage: from the Middle Ages to the present day. Moscow, Text. (in Russian)
5. Kharlamova, M.D., Kurbatova, A.I. (2018) Solid waste: recycling technologies, control methods, monitoring. Moscow, Yurayt (in Russian)
6. Ulanova, O.V., Tulokhonova, A.V. (2014) Assessment of the life cycle of integrated waste management systems. Moscow, Irkutsk State Technical University (in Russian)
7. Fedorov, L.G., Mayakin, A.S., Moskvichev, V.F. (2002) Thermal power station on an alternative fuel (municipal solid waste). Energy saving, no.2, pp. 39-42. (in Russian)
8. History of dioxins. Available from: <http://www.dioxin.ru/history/history.htm> (in Russian)
9. Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2000L0053:20050701:EN:PDF>.
10. Malinauskaite, J., Jouhara, H., Czajczynska, D. (2013) Municipal solid waste management and waste-to-energy in the context of a circular economy and energy recycling in Europe. Energy, vol.141, p.2013-1044.
11. Towards the Circular Economy: an economic and business rationale for accelerated transition (2013) Available at: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Ellen-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>.