

Пояснительная записка технологического проекта в сфере науки

Система обращения с твердыми коммунальными отходами с извлечением вторсырья и производством синтез-газа и электроэнергии

1. Обоснование стратегической значимости проекта «Система обращения с твердыми коммунальными отходами с извлечением вторсырья и производством синтез-газа и электроэнергии»

1.1 Разрабатываемая технология: Технология комплексной, ресурсосберегающей, экономически выгодной переработки твердых бытовых отходов на основе автоматической сортировки и плазменной газификации с производством синтез-газа, электроэнергии, тепла и строительных материалов

1.2 Цели проекта.

Разработка технологии комплексной, ресурсосберегающей, экономически выгодной переработки твердых бытовых отходов на основе автоматической сортировки и плазменной газификации с производством синтез-газа, электроэнергии, тепла и строительных материалов.

Оценка экономической эффективности технологии.

Отработка системы управления ТКО в НСО.

Организация производства комплексов по автоматической сортировке и плазменной газификации с производством синтез-газа, электроэнергии, тепла и строительных материалов.

В результате работ по проекту будет разработана пригодная к внедрению на серийном производстве модульная система утилизации ТБО, позволяющая организовать экономически эффективную переработку бытовых отходов. Разработанное в рамках проекта оборудование будет производиться на предприятиях г. Новосибирска и поставляться на создаваемые российские предприятия по переработке твердых бытовых отходов.

Коммерциализация разработки будет осуществляться в рамках проекта создания Академэкотехнопарка Новосибирской области. Задачей АкадемЭкотехнопарка НСО будет замыкание технологической цепочки переработки мусора – организация производства на территории РФ тех её элементов, которые в настоящее время поставляются в Россию из-за рубежа.

1.3 Участники проекта.

ИТ СО РАН, ИТПМ СО РАН, ИВТ СО РАН, ИЭОПП СО РАН, ФГУП «ЖКХ ННЦ», ФГУП "УЭВ", АО «ГСПИ» (Новосибирский филиал), ООО Спецзавод «Квант», ОАО «СКБ Сибэлектротерм», ООО «СКБ Сибэлектротерм», АО «Гормашэкспорт».

1.4 Технология и технологическое оборудование

В процессе реализации проекта будут разработаны и внедрены в серийное производство две базовые технологии утилизации ТКО:

- 1. Технология автоматической «тонкой» сортировки ТКО (АС – автоматическая сортировка),** с отбором полимеров и пластика, содержащая оборудование: ленточный конвейер, пункт приема ТКО, первичной сортировки, узлы сортировки, оптические датчики и манипуляторы, АСУТП, электронику и программное обеспечение.

2. Технология плазменной газификации высокоэнергетического сырья (ПГ-плазменная газификация), содержащая оборудование: шахтная плазменная электропечь – газификатор, плазмотроны для нагрева воздуха, центробежно-барботажный аппарат ЦБА (вихревой скруббер), осушитель- теплообменник, рукавный фильтр, компрессор, ресивер (газгольдер), газотурбинная установка (ГТУ). При расширении схемы на парогазовый цикл за газовой турбиной устанавливаются котел-утилизатор и паровая турбина. Остаточное низкопотенциальное тепло может использоваться для предварительной сушки ТБО. Кроме того, в цикл можно включать модуль утилизации низкопотенциального тепла на основе термотрансформаторов (тепловых насосов), которые также разрабатываются Институтом теплофизики СО РАН. Для работы плазмотронов требуются источники электропитания (управляемые тиристорные выпрямители), воздушный компрессор, водяной насос (градирня). Охлаждающая вода необходима также для кожуха газификатора.

1.5 График выполнения проекта

Работы по проекту начнутся в 2018 году; дата завершения проекта не установлена. Проект делится на четыре основных этапа (см. также таблицу 1.1 ниже).

Подготовительный этап (2018 г.)

В рамках подготовительного этапа создаются условия для проведения работ по проекту – проводятся различные предпроектные работы, оформляется разрешительная документация.

Первый этап (2018-2020 гг.)

В рамках первого этапа входящие в состав консорциума НИИ разрабатывают основы технологий и выполняют НИР.

Второй этап (2019 – 2022 гг.)

На мощностях опытного завода испытывают новые виды систем сортировки, утилизации и выделения повторно используемых ресурсов из ТБО. Предполагается, что на втором этапе будет разработана автоматическая система сортировки отходов на основе систем распознавания образов и система плазменной газификации ТБО. На этом этапе проекта оснащается и вводится в эксплуатацию опытный завод по утилизации ТКО мощностью 50 тыс. тонн в год.

Третий этап (2023 и далее)

На мощностях входящих в консорциум промышленных предприятий организовывается серийное производство новых видов продукции. Разработанное оборудование внедряется на опытном заводе по утилизации ТБО, увеличивая его производительность и снижая себестоимость утилизации, а также поставляется на российские предприятия по переработке мусора. Опытный завод используется для демонстрации возможностей оборудования потенциальным потребителям, а также для отладки новых видов продукции.

Бюджет первых двух, а также подготовительного этапов проекта составляет 1 520 млн. рублей

Таблица 1.1. График выполнения работ по проекту

№	Наименование работы	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП										
1	Включение в территориальную схему по обращению с отходами Новосибирской области									
2	Подписание концессионного соглашения по строительству мусоросортировочного завода и полигона для размещения «хвостов»									
ЭТАП 1. РАЗРАБОТКА НОВОЙ ПРОДУКЦИИ. НИОКР И ПРОЕКТИРОВАНИЕ										
3	Разработка технологии и создание опытно-промышленного оборудования для сортировки потока отходов на основе распознавания образов и дельта-роботов									
4	Разработка технологии и создание опытно-промышленного оборудования для плазмотермической переработки отходов									
5	Проектирование экспериментального завода по утилизации ТБО, газопровода, газгольдера и системы сжигания синтез-газа на котельной									
6	Прохождение экспертиз и получение разрешений									
ЭТАП 2. СТРОИТЕЛЬСТВО, ОСНАЩЕНИЕ И НАЧАЛО РАБОТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЗАВОДА ПО УТИЛИЗАЦИИ ТБО										
7	Изготовление опытно-промышленного образца системы плазменной газификации для оснащения экспериментального завода									
8	Изготовление малой опытно-промышленной серии систем автоматизированной сортировки для оснащения экспериментального завода									
9	СМР по заводу и газопроводу, монтаж оборудования									
10	Начало работы экспериментального завода по утилизации ТБО									
ЭТАП 3. ВЫВОД НА РЫНОК НОВОЙ ПРОДУКЦИИ										
11	Организация серийного производства разработанного на этапе 1 оборудования на предприятиях НСО. Поставки оборудования на мусороперерабатывающие предприятия РФ									

1.6 Основные финансово-экономические показатели проекта

Предполагается, что инвестиции проекта по разработке инновационного оборудования по сортировке и плазменной газификации ТБО, организации его производства и строительству завода по утилизации отходов составляет 1,520 млн. рублей. Вложения будут производиться в период с 2018 по 2022 год, после чего предприятие начнёт работу.

В зависимости от тарифа на утилизацию ТКО (см. разделы 2.3 и 7 ниже) финансовые результаты проекта могут очень сильно меняться, в т.ч. делая завод по переработке мусора операционно убыточным, в случае, если он установлен на невысоком уровне. Годовой объем чистой прибыли и основные показатели финансовой эффективности проекта (коэффициент дисконтирования 7,5% годовых, горизонт расчёта – 20 лет) приведены ниже в таблице 1.2.

Таблица 1.2. Основные финансово-экономические показатели проекта в зависимости от тарифа на утилизацию ТКО (тыс. руб. за тонну)

№	Наименование	0,375	0,500	0,750	0,884	1,250	1,500	1,750	2,000	2,500
1	Чистая прибыль, млн. руб. в год	-86,03	-65,01	-22,64	0,00	49,69	84,00	117,48	151,38	219,17
2	NPV, млн. руб.	-1 327	-1 193	-923	-779	-462	-246	-31	185	617
3	IRR, % годовых	<0%	<0%	<0%	<0%	<0%	2,83%	6,97%	10,46%	16,33%
4	PBP, лет	нет	нет	нет	нет	22	18	14	12	10

1.7. Рыночная ориентация проекта

1.7.1 Маркетинговые исследования: рынок проекта и оценка его состояния, продвижение на рынок

Активное развитие мировой торговли, а также рост народонаселения и валового внутреннего продукта (ВВП) в большинстве стран мира привели к резкому увеличению объемов мусора практически во всех регионах мира. Если в 2012 году в мире образовывалось более 1,3 млрд. тонн твердых бытовых отходов, то к 2025 году данный показатель вырастет, как минимум, до 2,2 млрд. тонн¹. Затраты на их утилизацию также быстро растут, причем наиболее быстро (в четыре раза) – в развивающихся странах, таких, как Индия и Бразилия и низкоразвитых (в пять раз), таких, как Кения и Гана.

Общемировой объем рынка утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) к 2020 году, по оценкам компании Frost & Sullivan², составит USD296,86 млрд., увеличившись с USD160,52 млрд. в 2013 году; при этом наиболее активно, под влиянием государственного стимулирования, будут развиваться интегрированные системы управления сбором, утилизацией и повторным использованием ТБО. В ближайшие годы, крупнейшие географические сегменты, такие, как Западная Европа и Япония останутся практически неизменными, а основной рост рынка будет сконцентрирован в Центральной и Восточной Европе, Латинской Америке и Юго-восточной Азии.

Наиболее существенной проблемой для еще более быстрого роста рынка является низкая платежеспособность населения в наименее развитых странах, что не позволит внедрять достаточно дорогостоящие современные методы переработки отходов, в связи с чем, складирование мусора на открытых полигонах продолжится, прежде всего, в некоторых странах Ближнего Востока, Африке и наименее благополучных регионах ЮВА.

В более развитых регионах, основной упор будет сделан на снижение себестоимости утилизации ТБО, что приведет к консолидации рынка данных услуг. Кроме того, будут активно внедряться современные методы сортировки отходов, что позволит увеличить доход оператора от повторного использования некоторых их компонентов (пластика, бумаги и стекла), а также применения других в качестве энергоносителей.

¹ Daniel Hoornweg et al “What a waste. A Global Review of Solid Waste Management”. World Bank March 2012

² Global Municipal Solid Waste Management Services Market. F&S market report, May 2014

Дополнительная выручка от возвращенных в оборот отходов и выработанной энергии позволит значительно снизить тариф на утилизацию мусора, что даст возможность внедрить современные комплексные системы утилизации ТБО, ранее доступные для стран ЕС и Северной Америки, в менее богатых регионах, в частности, БРИКС, Центральной и Южной Америке, а также некоторых государствах ЮВА и Центральной Азии.

Российский рынок в настоящее время практически не охвачен современными методами утилизации ТБО. В среднем в России ежегодно образуется около 60 млн. тонн твердых коммунальных (или бытовых) отходов. В настоящее время из этого объема утилизируется только 4-7%, из которых около трети сжигается и две трети поступает в промышленную переработку. Более 90% (более 50 млн. т мусора) вывозятся на мусорные полигоны с целью захоронения.

Важнейшей для России проблемой является большое количество легальных и нелегальных свалок: в России действует более тысячи полигонов для отходов, 15 тысяч санкционированных свалок, 17 тысяч несанкционированных свалок и 13 тысяч несанкционированных мест размещения мусора. Общая площадь российских свалок – более четыре миллиона гектаров. Ежегодно для размещения отходов выделяется дополнительные 0,4 миллиона гектаров земли. Общий объем отходов на легальных и нелегальных свалках России составляет, по разным оценкам, от 60³ до 90⁴ миллиардов тонн, каждый год он увеличивается еще на пять миллиардов тонн.

Потенциальный объем рынка переработки мусора в нашей стране оценивается различными его участниками в \$1,5–3 млрд. (точные официальные данные о его структуре, объеме и динамике отсутствуют, в существенной степени по причине «серости» большей его части). При этом, в настоящее время в России переработка мусора находится в зачаточном состоянии: на всю страну имеется около 250 мусороперерабатывающих и 50 мусоросортировочных комплексов, а также 40 мусоросжигательных заводов. Заводы полного цикла отсутствуют.

В целом, можно сказать, что российский рынок утилизации ТКО находится на очень ранней стадии развития, характерной и для других стран БРИКС – уровень организованной переработки ТКО невелик, рынок крайне мал, фрагментирован и по большей части находится в «серой» зоне, основным способом утилизации является хранение на открытых полигонах. Организованная переработка ориентирована на брикетирование и захоронение, при минимальной и, прежде всего, ручной сортировке. Интегрированная система переработки мусора отсутствует. Важнейшей тенденцией является упорядочение отрасли и переход к традиционной для развитых стран комплексной системе утилизации ТКО с повышением степени повторного использования извлекаемых ресурсов.

Для решения вопроса оптимального использования утильных фракций твердых коммунальных отходов необходимо проведение подробных исследований по каждому объекту размещения отходов, что целесообразно выполнить при организации деятельности регионального оператора по обращению с твердыми коммунальными отходами. К перспективам рынка отходов эксперты относят следующие:

- Объем рынка переработки отходов – до 3,5 млрд долларов в год, из них ТКО – 1,5-2,0 млрд долларов
- малое количество мусороперерабатывающих заводов (около 250), мусоросортировочных комплексов (около 50), мусоросжигательных заводов – (11), что означает большие возможности для роста
- Основные перерабатывающие предприятия расположены преимущественно в крупных городах (особенно в Москве)

³ Андрей Якимчук «Мусор вместо нефти: как экспортировать бытовые отходы». Режим доступа: <https://www.rbc.ru/opinions/business/14/03/2016/56e6777c9a794765e914804e>

⁴ «Российские свалки заняли территорию двух Израилей». Режим доступа: <https://lenta.ru/news/2014/02/11/junk>

- Отсутствие заводов переработки полного цикла
- Твердые тарифы муниципалитетов на сбор и транспортировку отходов
- Недостаток современных технологий и механизмов утилизации отходов
- Изменения в законодательстве Российской Федерации

Все эти факторы делают сферу инвестиций в мусоропереработку России перспективной и привлекательной. Наибольшее количество компаний осуществляют деятельность в сфере перевозки бытовых отходов, либо специализируются на переработке одного вида отходов (макулатура, пластик).

1.7.2. Государственная политика по утилизации ТКО и ее влияние на рынок

Основным правовым актом, регламентирующим отрасль переработки ТКО является Федеральный закон №89-ФЗ от 24 июня 1998 года "Об отходах производства и потребления", который определяет цели и основные принципы государственной политики в области обращения с отходами. Типовой порядок сбора отходов на территории городских и других поселений был разработан НИЦПУРО в 2002 году по заказу МПР России, но так и не был утвержден. Законом регламентируются также правовые основы определения отходов как права собственности, нормирование, государственный учет и отчетность в области обращения с отходами, правовые основы экологического контроля.

Также данная сфера регулировалась смежными нормами законодательства, в частности, Федеральный закон от 10 января 2002 года № 7-ФЗ "Об охране окружающей среды" регламентировал полномочия органов местного самоуправления в данной сфере, а также устанавливал требования к обезвреживанию и безопасному размещению отходов и обязывал нормировать образование и лимитировать размещение ТБО. Кроме того, некоторые нормы содержались в бюджетном законодательстве, земельном, жилищном, градостроительном кодексах, ряде подзаконных актов, распоряжений и регламентов и прочих правоустанавливающих и регулирующих документах.

Как видно из сложившейся в настоящее время в России рыночной практики, данная законодательная база, по большей части, не работала. Организованная переработка мусора пребывает в зачаточном состоянии, а сфера утилизации отходов, в значительной мере, находится в неформальном секторе экономики и заметно криминализована⁵.

Для изменения сложившейся критической ситуации, в последние годы были предприняты меры по изменению государственной политики регулирования отрасли. Так, 1 января 2015 года вступил в силу федеральный закон от 29.12.2014 № 458-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон „Об отходах производства и потребления», 16 декабря 2016 года Минпромторгом России представлена «Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года»⁶. Наконец, 15 ноября 2017 Президент утвердил перечень поручений по результатам проверки исполнения законодательства и решений Президента в сфере регулирования обращения с отходами.

Таким образом, в период с 2015 по конец 2017 года, в России были приняты меры по созданию четких и всеобъемлющих законодательных основ отрасли переработки отходов, прежде всего, ТБО:

⁵ Как в части создания нелегальных полигонов («Опасные свалки в Подмосковье: откуда берутся нелегальные мусорные полигоны». Режим доступа: <https://www.vesti.ru/doc.html?id=2852966>), так и в организации нелегальной сортировки мусора («Нелегальная жизнь мусорных полигонов: от поселений бездомных до торговли продуктами». Режим доступа: <http://www.mk.ru/social/2017/08/21/nelegalnaya-zhizn-musornykh-poligonov-ot-poseleniy-bezdomnykh-do-torgovli-produktami.html>)

⁶ Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года. Минпромторг РФ, 2016 год. Режим доступа: http://minpromtorg.gov.ru/common/upload/files/docs/Proekt_Strategii_PPO_predlozheniya.pdf

Сформулированы четкие требования к организации процессов приема, переработки и утилизации отходов. Минстрой России завершил разработку подзаконных нормативных правовых актов, определяющих четкий порядок осуществления сбора, транспортирования, обработки, обезвреживания, захоронения и утилизации ТКО. Утвержден регламент по лицензированию работ с отходами.

Регламентирована ценовая политика отрасли утилизации ТКО – сформирована система тарифов и механизмов их регулирования, обязательная для применения на территории России и частично упорядочена отраслевая фискальная политика. ФАС утвердила «Методические указания по расчету регулируемых тарифов в области обращения с твердыми коммунальными отходами». Минстрой России внес предложение об изменении законодательства по отходам: включение в перечень расходов регионального оператора сортировку твердых коммунальных отходов уточнение правил внесения платежа за негативное воздействие на окружающую среду. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования утвердила форму расчета суммы экологического сбора.

Введены четкие требования к процессам сортировки, переработки и утилизации отдельных компонентов ТБО. Вводится запрет на захоронение:

- с 1 января 2017 года – лома и отходов черных и цветных металлов, а также отходов оборудования и прочей продукции, содержащих ртуть;
- с 1 января 2018 года – отходов бумаги и картона, шин, покрышек, автомобильных камер, а также отходов продукции из термопластов (это практически все широко распространенные виды пластмасс), стекла, изделий из стекла;
- с 1 января 2020 года – компьютерного, электронного, оптического и электрического оборудования.

Стратегией развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года устанавливаются временные рамки внедрения системы переработки отходов на всей территории РФ. В период до 2020 года планируется реализация первых пилотных проектов по организации переработки отходов на производственно-технических комплексах в отобранных субъектах Российской Федерации. В период с 2021 по 2030 годы должна вестись полномасштабная реализация проектов по организации переработки отходов на производственно-технических комплексах во всех субъектах Российской Федерации.

Таким образом, недавние корректировки законодательства приведут к следующим существенным изменениям отрасли утилизации ТБО, которые перечислены ниже.

В обязательном порядке вводится разработка территориальных схем в области обращения с отходами в регионах, что регламентирует место расположение и источники снабжения мусороперерабатывающих заводов сырьем. Вводятся твердые тарифы муниципалитетов на сбор и транспортировку отходов, что облегчает процессы финансового и инвестиционного планирования в отрасли и стабилизирует источники доходов мусороперерабатывающих предприятий. Эта мера стимулирует процессы открытия новых мусороперерабатывающих предприятий за счет резкого понижения уровня рисков соответствующих инвестиционных проектов.

Законодательство в явном виде требует организации процессов сортировки (либо досортировки в случае раздельного сбора) поступающих на предприятия ТБО. Эта мера стимулирует спрос на оборудование для сортировки мусора для создаваемых мусороперерабатывающих заводов.

В обязательном порядке проводится выбор регионального оператора по обращению с отходами. Эта мера стимулирует консолидацию отрасли за счет создания крупного игрока, управляющего процессами переработки ТБО, собираемых на

относительно большой территории – большинство вновь создаваемых заводов в средних и больших городах будут крупными высокопроизводительными предприятиями.

Мусороперерабатывающие предприятия будут создаваться повсеместно, причем, данный процесс активизируется, начиная с 2021 года. Принимая во внимание, что Россия состоит из 85 субъектов федерации, а также, что большинство регионов требует, как минимум, 3-4 крупных и 2-3 средних и малых подобных предприятий, в ближайшие годы на территории РФ будет создано не менее 300 новых заводов по сортировке и утилизации ТБО.

Помимо стимулирования потребления оборудования для переработки мусора, планируется стимулирование и его разработки и производства. Так, Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года в явном виде отмечает, что: «в настоящее время в составе мусоросортировочных комплексов в Российской Федерации в основном используются узлы и агрегаты импортного производства» и что «для локализации инновационных узлов <...> кроме гарантированного спроса требуются дополнительные меры стимулирования НИОКР и внедрения в производство». В связи с этим, планируется проведение комплекса мер для: «стимулирования внедрения наилучших доступных технологий в сфере переработки отходов на предприятиях, использующих оборудование отечественных производителей, в виде предоставления субсидий таким предприятиям».

Таким образом, в соответствии со Стратегией развития отрасли переработки ТБО, разрабатываемое в рамках данного проекта оборудование для автоматической сортировки отходов является одним из приоритетных для импортозамещения; для активизации этого процесса предполагается субсидирование приобретения автоматических сортировочных устройств мусороперерабатывающими заводами России.

Изменения в законодательстве привели к значительному оживлению российской индустрии переработки мусора: проекты по строительству современных заводов по переработке ТБО, в обязательном порядке предполагающих сортировку отходов с выделением стекла, пластика и металла анонсированы в большинстве субъектов федерации. Многие из них пока являются лишь декларацией намерений, однако некоторые из них уже начаты или будут начаты в ближайшие годы (список наиболее проработанных из них приведен ниже в таблице 2.1).

Таблица 2.1. Планы строительства мусороперерабатывающих заводов на территории РФ

№	Регион	Год начала работ	Бюджет, млрд. руб.	Мощность, тыс. т. в год	Примечания
1	Московская обл., 4 завода	2018	200	2800	Возможен существенный пересмотр проекта
2	Ленинградская обл.	2018	4,5	н/д	
3	Ингушетия	2017	0,16	450	
4	Воронежская обл.	2018	0,7	440	
5	Татарстан	2019	20,8	550	
6	Иркутская обл.	не ранее 2020	3,8	300	В стадии проектирования
7	Владимирская обл.	не ранее 2019	н/д	н/д	На стадии предпроектных работ. Имеется инвестор.
8	Бурятия	не ранее 2020	9	н/д	На стадии предпроектных работ. Имеется инвестор.
9	Тюменская обл., 4 завода	2017	более 1,7	440	В настоящее время строится только один завод из 4
10	Пермская обл., 3 завода	не ранее 2019	н/д	н/д	На стадии предпроектных работ. Имеется инвестор на

№	Регион	Год начала работ	Бюджет, млрд. руб.	Мощность, тыс. т. в год	Примечания
					один из заводов.

Очень большой интерес представляют комплексные инициативы, предполагающие внедрение современных технологий обращения с ТКО на больших территориях. В настоящее время анонсирован только один подобный проект. УК «Эко-система» совместно с Фондом развития Дальнего Востока (ФРДВ) разработали инвестиционный проект создания единой комплексной системы управления отходами. Программа охватит восемь регионов Дальневосточного федерального округа: Хабаровский, Приморский и Камчатский края, Амурскую, Сахалинскую и Магаданскую области, а также Еврейскую автономную область и Якутию. До 2020 года на территории этих регионов планируется открыть 23 межмуниципальных узла — специальные площадки на периферии между несколькими городами, включающие в себя сортировочный завод и полигон по депонированию отходов (разборке по фракциям и складированию в брикеты). Общий объем инвестиций — 13 млрд. руб.

1.7.3 Рынок утилизации ТКО Новосибирской области

Используемые технологии утилизации ТКО в Новосибирске и СФО подразделяются на следующие категории:

- а) несанкционированные свалки;
- б) захоронение на полигонах;
- в) переработка на мусороперерабатывающих заводах;
- г) переработка специальных отходов.

Несанкционированные свалки

В отличие от полигонов, на несанкционированных свалках не строятся природоохранные сооружения, не используются инженерно-экологические технологии. Все подобные места захоронения нелегитимны. Первопричина их возникновения кроется в дефиците перерабатывающих мощностей для экологически безопасной и экономически рентабельной переработки отходов.

Полигоны

Полигон для захоронения ТКО – весьма дорогостоящее, технически очень сложное природоохранное сооружение, требующее вывода значительных земельных ресурсов из хозяйственного оборота. Цель размещения отходов на полигонах – устранение их негативного воздействия на окружающую среду. Полигоны, возведенные по всем строительным правилам и нормам экологической безопасности населения и окружающей среды, имеют высокую стоимость. Например, самый дорогостоящий элемент в системе обращения с отходами в Европе и в Подмоскowie – это земля, виду отсутствия свободных территорий для размещения новых полигонов. Участки для захоронения отходов представляют собой десятки тысяч гектаров земли, выведенных из хозяйственного использования и на десятки лет потерянных для любой деятельности. На полигонах обеспечивается и гидроизоляция подстилающих грунтов, и защита грунтовых вод от токсичных стоков, и защита воздушного бассейна от газовых выбросов, возникающих при контролируемом процессе ферментации. При оценке потерь следует учесть и предотвращенный полигонами ущерб здоровью населения и окружающей среде по сравнению с вариантом отсутствия полигонов и накоплением мусора в городе. Данный ущерб оценивается потерями трудоспособности и выплатами за них.

По данным Минприроды РФ [1,2] на территории Новосибирской области зарегистрировано 1060 объектов размещения твердых бытовых отходов, общая площадь которых превышает 2600 га.

Мусороперерабатывающие заводы

Переработка ТКО города Новосибирска осуществляется ЗАО «Новосибирский мусороперерабатывающий завод № 2», где происходит сортировка ТКО с выделением утилизируемых фракций (бумага, картон, пластик). Номинальная мощность завода - 450 тыс. куб. м в год. Реально завод перерабатывает в год примерно 120 тыс. м³ ТКО с выделением около 1800 т полезного продукта.

Переработка специальных отходов

В Новосибирске 4 фирмы занимаются обезвреживанием медицинских отходов: ООО «Центр утилизации» (Установка ЗАО «Турмалин», Переработка: 100 руб./кг*), ООО Спецзавод «Квант», ООО «Утилитсервис» (Установка ЗАО «Турмалин», Переработка: 112 руб./кг*), ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор». Стоимость переработки 1 кг мед. отходов – от 100 руб./кг. В г. Новосибирске ежегодно перерабатывается 1000 т медицинских отходов, на сумму 70-90 млн. руб. за переработку отходов, что составляет 40% от всех образующихся медико-биологических отходов г. Новосибирска (2700 тыс. т). Т.е. рынок переработки медико-биологических отходов в Новосибирске составляет 216 млн. руб. Уровень рентабельности услуги составляет от 20 до 60%. Ежегодный рост рынка оборудования для переработки ТКО составляет 20%.

Кроме ТБО, в городе производятся строительные отходы, сбор и транспортирование которых осуществляется специализированными организациями на полигоны ТБО, промышленные отходы. Объем отходов, образующихся в муниципальных ЛПУ города Новосибирска в год, составляет около 60 тыс. м³.

Многообразие видов отходов, нестабильность их составов и свойств, широкий диапазон объема образования обуславливают сложность решения проблемы их утилизации. Промышленные отходы размещаются на полигонах ТКО города Новосибирска, а также на иных объектах размещения отходов.

Предприятия по глубокой переработке твердых бытовых отходов отсутствуют, лишь небольшая часть отходов утилизируется (50% промышленных, 3% бытовых) и подвергается переработке (11% промышленных, 6% бытовых).

1.7.4 Объемы производства ТКО в Новосибирской области

В Новосибирске ежегодно производится около 4 млн. м³ твердых бытовых отходов, которые вывозятся на полигоны и свалки, практически не утилизируются. В 2015г. на территории Новосибирской области находилось более тысячи полигонов и свалок твердых бытовых отходов, общая площадь которых превышала 2,6 тыс. га. Предприятия по глубокой переработке твердых бытовых отходов в городе отсутствуют, лишь небольшая часть отходов утилизируется и подвергается переработке. Твердые бытовые отходы, образующиеся на территории Новосибирска, размещаются на четырех полигонах (Табл.1).

Таблица 2.2 Характеристики полигонов ТБО, на которых осуществляется прием отходов, образующихся на территории города Новосибирска

Характеристика полигона	Полигон ТКО «Гусино-бродский» МУП "САХ"	Полигон ТКО ООО "Новосиб-ВторРесурс"	Полигон ТКО ГУП "ЖКХ ННЦ СО РАН"	Полигон ТКО МУ "ДЭУ №3"
Расположение	Дзержинский район	Калининский район	Новосибирский р-н НСО	Новосибирский р-н НСО

	Ввод в эксплуатацию, год	1967	1975	1989	1995
	Площадь земельного участка, га	48,8	3,22	4,2	9,3
	Используемая площадь, га	40,0	3,198	4,2	4,96
	Емкость, тыс. куб. м	107 776,1	2 800,0	3 585,0	9 011,6
	Мощность, тыс. куб. м в год	2 000,0	240,0	140,0	483,84
	Объем принятых отходов, тыс. куб. м	44 296,0	1 685,0	3 500,0	5 407,0

Из таблицы видно, что полигоны были построены еще в прошлом веке. Полигон ГУП "ЖКХ ННЦ СО РАН" заполнен, и требуется решение по технологии дальнейшей утилизации ТКО в Советском районе г. Новосибирска, которая и контролируется ГУП "ЖКХ ННЦ СО РАН". Ни один из полигонов не оборудован системами экологического мониторинга и технологиями защиты окружающей среды (воды, земли, воздуха) от продуктов распада ТБО.

В 2006 г. был построен единственный действующий в Новосибирске мусоросортировочный завод (МПЗ-2), рассчитанный на 150 тыс. т твердых бытовых отходов в год по технологии шведской фирмы Presona. Стоимость строительства завода составила 189 млн. руб., из которых 124,5 млн. — инвестиционный кредит Сибкадембанка. Реально завод перерабатывал существенно меньше (например, в 2011г. примерно 11 тыс. м³ ТКО в месяц с выделением около 150 т полезного продукта, т.е. не более 40 тыс. т отходов в год). Из-за низкой рентабельности в 2012 г. начался процесс банкротства завода, т.к. его долги к этому времени составили 13 млн. руб.

В марте 2014 года правительство НСО одобрило «Концепцию развития сбора, транспортировки, переработки и утилизации ТКО в Новосибирской области». По этой программе в регионе планировалось построить два мусороперерабатывающих завода, для создания каждого из них предполагалось выделить 14,7 млрд. рублей.

В 2016 году Правительство НСО заключило концессионное соглашение на строительство двух мусоросортировочных заводов, на сумму 6 млрд. руб., мощностью 800 тыс. т. В среднем по объекту в соглашении тарифы составили: 254 рубля за кубометр за сортировку и 101 рубль за кубометр за услугу захоронения без учета транспортных затрат и затрат на сбор ТБО.

Теплота сгорания ТКО зависит от морфологического состава и для Новосибирска находится на уровне 6,5 МДж/кг (см. ниже). В таблице 2 приведены усредненные значения морфологического состава ТКО по Новосибирску.

Таблица 2.3. Усредненный морфологический состав ТКО Новосибирска.

№	Наименование компонента	Содержание, %
1	Пищевые отходы	29 - 36
2	Бумага, картон	26 - 36
3	Пластмасса	5 - 6
4	Текстиль	4 - 6
5	Стекло	4 - 6
6	Отсев (менее 15 мм)	4 - 6
7	Черный металлолом	3 - 4
8	Дерево	2 - 5
9	Кожа, резина	2 - 3
10	Камни, штукатурка	1 - 3
11	Цветной металлолом	1 - 2
12	Кости	1 - 2
13	Прочее	1 - 2

В городе преобладает централизованное теплоснабжение от ТЭЦ и крупных районных и промышленных котельных суммарной теплопроизводительностью около 19 млн. Гкал в год. На примере ЦТП ТКО для Советского района г. Новосибирска по переработке 40 тыс. т ТБО/год и выработке 70 тыс. Гкал тепла, учитывая данные по теплотворной способности и морфологическому составу ТБО, объему поступающих отходов, тарифам на вывоз, утилизацию ТБО, стоимости тепловой и электрической энергии, стоимости содержания полигонов, было рассчитано, что для переработки ежегодного объема ТКО в Советском районе необходимо, чтобы производительность ЦТП составляла 40 тыс. т/год.

Из вышеприведенных оценок и принимая во внимание паритет цен, можно заключить, что стоимость строительства ЦТП ТКО производительностью 40 тыс. т/год будет не больше 10 млн. евро, стоимость обслуживания будет не больше 1 млн. евро/год.

Соответственно для утилизации всех отходов Новосибирска достаточно 20 ЦТП общей стоимостью 200 млн. евро (14 млрд. руб.) с производством тепла, электроэнергии и строительных материалов и окупаемостью менее 10 лет. Основываясь на вышеприведенных данных можно оценить, что строительство ЦТП при данных тарифах на вывоз ТКО и тепловую энергию окупается за 7-10 лет. Рентабельность ЦТП можно повысить, если дотировать государством стоимость отпускаемого населению тепла, отработать в Новосибирске отечественные технологии экологически безопасной безотходной утилизации ТКО и затем экспортировать технологию и оборудование.

Новосибирская область может в рамках частно-государственного партнерства инвестировать средства в строительство ЦТП, что сделает ненужным строительство новых полигонов для ТБО. В случае инвестирования половины строительства ЦТП из бюджета Новосибирской области его окупаемость уменьшится до 3-4 лет, и проект станет привлекательным для частных инвесторов. При этом впервые в 21 веке в России будет отработана передовая отечественная экологически безопасная технология сжигания ТБО, будет разработано отечественное оборудование, имеющее высокий экспортный потенциал.

Для более точных экономических расчетов необходимо сделать предпроектные технико-экономические расчеты, которые в рамках выполнения проекта выполнит АО «ГСПИ» (бывший ВНИПИЭТ) и эколого-экономическую оценку технологии, которую выполнит Институт экономики и промышленного производства СО РАН. Оценочно объем ежегодного производства твердых бытовых отходов (ТБО) в городе Новосибирске составляет около 10% от потребляемого топлива в пересчете на среднюю теплоту сгорания.

ТКО может быть использовано в производстве тепловой энергии с целью экономии органического топлива и решения экологических проблем. Преимущества использования ТКО как топлива – в его «отрицательной стоимости», возобновляемости, экологической составляющей, сбережении земли. Поэтому городские власти должны рассматривать ТКО прежде всего как непрерывно возобновляющийся топливный ресурс, ежедневно образующийся на территории города, и как непрерывно растущую экологическую проблему в случае накопления ТКО на полигонах или свалках.

1.7.5 Оценка энергетического потенциала ТКО, образующихся в Новосибирской области

Основными компонентами ТКО являются пищевые отходы, дерево, текстиль, бумага, кожа, резина, пластмасса, стекло, камни, шлак и зола. Состав отходов существенно различается в зависимости от климатических условий, уровня жизни населения, степени благоустройства домовладения, развития бумажной и полиграфической промышленности и др.

На теплотехнические характеристики ТКО оказывает влияние их влажность и зольность, которые существенно зависят от соотношения содержащихся в ТКО основных компонентов (бумаги, пищевых отходов, стекла, пластика). Теплота сгорания ТКО в зависимости от времени года и региона изменяется в пределах 4180 – 10 450 кДж/кг. Общий объем твердых бытовых отходов в городе составил в 2011г. около 3,8 млн. м³ или 800 тыс. т, теплотворная способность которых составляет примерно 2*10⁶ Гкал.

Теплота сгорания ТКО изменяется в зависимости от времени года и региона, по этому показателю ТКО уступают углям сибирского региона, из которых бурый уголь Канско-Ачинского бассейна имеет в среднем теплоту сгорания 15 МДж/кг, а кузнецкий уголь – 22 МДж/кг, но приближаются к торфу (12 МДж/кг) (см. Таблицу 2.4 ниже).

Таблица 2.4 - Предельные теплотехнические показатели ТКО.

№	Наименование показателя	Един. изм.	Значения	
			max	min
1	Влажность W_{it}	% вес	50,0	32,2
2	Зольность A_{it}	% вес	27,5	22,5
3	Низшая теплота сгорания Q_{it}	МДж/кг	8,38	4,78
		ккал/кг	2000	1140

В городе преобладает централизованное теплоснабжение от ТЭЦ и крупных районных и промышленных котельных суммарной теплопроизводительностью около 19 млн. Гкал в год. Основным видом топлива на ТЭЦ ОАО «СИБЭКО» является уголь Кузнецкого и Канско-Ачинского месторождений, на его долю приходится 93% общего потребления топлива на ТЭЦ г. Новосибирска.

Оценочно объем ежегодного производства твердых бытовых отходов (ТБО) в городе Новосибирске составляет около 10% от потребляемого топлива в пересчете на среднюю теплоту сгорания. Использование горючих производственных отходов (ГПО) дает возможность увеличить эти показатели. Таким образом, ТКО может быть использовано в производстве тепловой энергии с целью экономии органического топлива и решения экологических проблем. Преимущества использования ТКО как топлива – в его «отрицательной стоимости», возобновляемости, экологической составляющей, сбережении земли. Поэтому городские власти должны рассматривать ТКО прежде всего как непрерывно возобновляющийся топливный ресурс, ежедневно образующийся на территории города, и как непрерывно растущую экологическую проблему в случае накопления ТКО на полигонах или свалках.

Россия, имеющая большие территории, не развитую частную собственность на землю, не развитое природоохранное законодательство и слабый контроль за загрязнением окружающей среды, является аутсайдером в строительстве МСЗ, продолжая загрязнять обширные территории, вносить существенный вклад в увеличение парникового эффекта и загрязнение грунтовых вод.

1.7.6 Рынок утилизации ТКО в Сибирском Федеральном округе

В промышленных городах Уральского и Сибирского федеральных округов, характеризующихся значительным превышением уровня загрязнения окружающей среды над среднероссийским уровнем. Так, согласно официальным данным Росстата, в последнее время наблюдается неблагоприятная тенденция роста среднелюдских атмосферных выбросов в СФО. По совокупности природных ресурсов наиболее высоким уровнем загрязнения отличаются Урал и Сибирь. На долю этих регионов в 2009 г. приходилось 26% общероссийского сброса загрязненных сточных вод и более половины (58%) общего объема загрязняющих атмосферу веществ, причем доля этих округов в загрязнении атмосферы существенно выросла по сравнению с началом 1990-х годов.

В 14 городах Сибирского федерального округа загрязнение воздушного бассейна превышало лимиты в 10 и более раз. Более 61% городского населения Сибирского федерального округа (почти 9 млн. человек) дышат воздухом низкого качества.

В Красноярске максимальная концентрация сероводорода превысила предельно допустимую концентрацию в 53 раза, в Кемерово по шести видам опасных загрязнителей — в 250 раз. По итогам 2009 г. самым грязным городом стал Братск: средние концентрации бензапирена и формальдегида составили 5–7 ПДК, диоксида азота — 2 ПДК. По мнению Института Блэксмита (Blacksmith Institute)⁷ Норильск входит в десятку наиболее загрязненных городов мира. Этот город признан Росстатом самым загрязненным городом России по итогам 2010 года. Содержание загрязняющих веществ в атмосфере Норильска редко бывает ниже 4–5 ПДК, доходя до 25,8 ПДК по диоксиду азота, 36 ПДК по диоксиду серы и даже 120 ПДК по формальдегидам. Выбросы углекислого газа местных предприятий составляют два процента от мировых. Уровень концентрации никеля в растениях в районе города превышен по сравнению с предельно допустимой нормой в 8 раз, цинка и свинца — в 6, кадмия — в 46, меди — в 25 раз. В городе часто падает темный снег, а вода в местных водоемах окрашена цветными поверхностными пленками.

На территории Сибирского федерального округа в 2010 г. образовалось 2531,0 млн. т отходов, из них использовано и обезврежено 1363,9 млн. т [4]. На конец 2010 г. в СФО было накоплено 13956,8 млн. т отходов. СФО лидирует по образованию отходов (67,8% от количества образовавшихся отходов в Российской Федерации). В состав Сибирского федерального округа (СФО) входят 12 субъектов Российской Федерации, занимающих территорию в 5145,0 тыс. км², где проживает 19,3 млн. человек.

По данным департамента Росприроднадзора по СФО, на территории округа в основном применяются стандартные технологии переработки и обезвреживания твердых бытовых отходов, например, портативные утилизаторы, термическое уничтожение отходов, складирование отходов ТКО до 1,5 м высотой, с сопутствующей пересыпкой инертным материалом и уплотнением специализированной техникой. В ряде субъектов Российской Федерации, входящих в состав Сибирского федерального округа, наблюдаются сложности с достаточным количеством и расположением объектов размещения отходов, их производственной мощностью, а также соблюдением лицензионных требований и условий хозяйствующими субъектами, эксплуатирующими объекты размещения отходов.

В большинстве муниципальных образований субъектов Российской Федерации ввиду отсутствия финансовых средств, низкой плотности сельского населения и высокой стоимости создания объектов размещения отходов, соответствующих требованиям нормативных документов, отходы производства и потребления размещаются на несанкционированных свалках. Например, в настоящее время в Забайкальском крае нет ни одного полигона ТБО, соответствующего установленным законодательством требованиям. В городе Кызыле Республики Тыва производственная мощность единственного полигона ТКО превышена. Современные технологии по обезвреживанию ТКО из всех регионов СФО применяются только в Новосибирской, Кемеровской областях, Красноярском и Алтайском краях.

Проведенный анализ находящихся в [1, 2, 4] данных по количеству, источникам образования и характеристикам ТБО, а также природоохранным мероприятиям в разных регионах СФО позволил сделать следующие выводы:

- в состав Сибирского федерального округа (СФО) входят 12 субъектов Российской Федерации, занимающих территорию в 5145,0 тыс. км², где проживает 19,3 млн.

⁷ Blacksmith Institute — научно-исследовательский институт, занимающийся проблемами экологии и загрязнения окружающей среды, основан в 1999, расположен в Нью-Йорке.

- человек. СФО лидирует по образованию отходов (67,8% от количества образовавшихся отходов в Российской Федерации);
- на территории СФО в 2010 г. образовалось 2531,0 млн. т отходов, главным образом, это промышленные отходы добычи полезных ископаемых в Кемеровской области - 2422 млн. т (это - наивысший в РФ показатель образования отходов);
 - в Новосибирской области ежегодно производится около 3,86 млн. т отходов, в Красноярском крае – 1,24 млн. т, в Иркутской области -102,98 млн. т, в Алтайском крае -2,78 млн. т;
 - уровень использования и обезвреживания отходов на территории СФО составляет свыше 50% - 1363,9 млн. т; в результате, на конец 2010 г. в Округе было накоплено 13956,8 млн. т отходов;
 - наблюдаются сложности с достаточным количеством и расположением объектов размещения отходов, их производственной мощностью, а также соблюдением лицензионных требований и условий хозяйствующими субъектами, эксплуатирующими объекты размещения отходов;
 - в большинстве муниципальных образований субъектов Российской Федерации отходы производства и потребления размещаются на несанкционированных свалках ввиду отсутствия финансовых средств, низкой плотности сельского населения и высокой стоимости создания объектов размещения отходов;
 - достаточно напряженная ситуация складывается в СФО с утилизацией, хранением и обезвреживанием ТБО;
 - в 2011 г. в СФО образуется ТКО в среднем 0,477 т/чел., а в целом – 9,2 млн. т;
 - значительная часть отходов вывозится за пределы населенных пунктов и хранится в отведенных отвалах, практически не утилизируется, загрязняя все большую площадь и представляя значительную угрозу здоровью населения;
 - только на территории Новосибирской области зарегистрировано 1060 объектов размещения твердых бытовых отходов, общая площадь которых превышает 2600 га, утилизируется только 3% бытовых отходов и 6% подвергается обработке.

Проведенные исследования показали, что утилизация ТКО в СФО представляет собой большую эколого-экономическую и технологическую проблему, для решения которой в регионах СФО разрабатываются среднесрочные программы, важнейшими разделами которых должно быть внедрение инновационных технологий утилизации твердых бытовых отходов, включая их глубокую переработку с учетом выполнения требований законодательства Российской Федерации в области безопасного обращения с отходами.

1.7.7 Список использованных источников

1. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Российской Федерации в 2011 г» - [<http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/a76/gosdoklad2011.pdf>]
2. Доклад департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Новосибирской области о результатах деятельности за 2010 год, основных направлениях деятельности на 2011 год и плановый период на 2012 – 2014 годы. - Новосибирск, 2011. - 35 с.
3. Lawrence A.R. Энергия из муниципальных твердых отходов: сравнение с технологиями сжигания угля. Energy from municipal solid waste: a comparison with combustion technology / Prog. Energy Combust. Sci. – 1998. – vol.24. – p.545-564
4. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Российской Федерации в 2010 г», раздел 2, ч. V, с.388-407. <http://www.mnr.gov.ru/regulatory/detail.php?ID=128153>

1.8 Описание продукции. Сравнение с аналогами: эксплуатационные и технологические преимущества

Предлагаемый для внедрения на территории Советского района г. Новосибирска завод по утилизации ТКО является наиболее подходящим для сложившихся на нём условий сочетанием элементов модульной системы переработки отходов (см. раздел 3.1. ниже), разработанной ИТ СО РАН. Общая схема предприятия приведена на рис. 2.1 ниже.

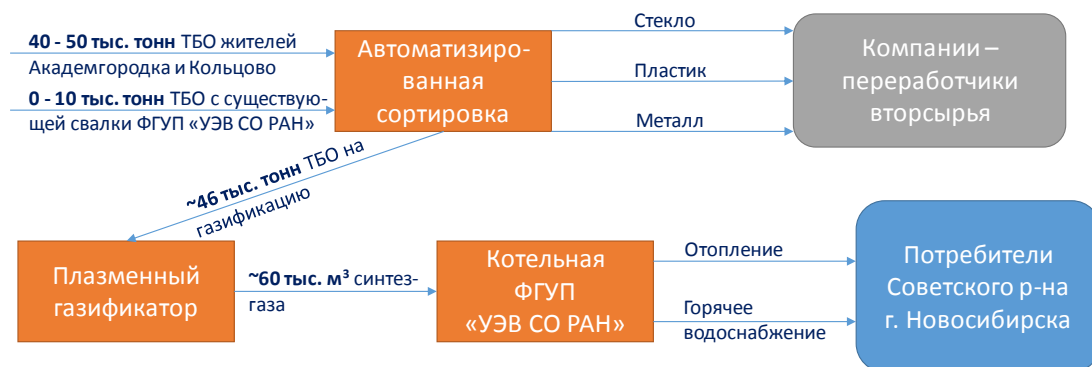


Рисунок 2.1. Общая схема предлагаемого завода по переработке ТКО в Советском районе г. Новосибирска

Размещаемый на территории, прилегающей к существующему полигону ФГУП «УЭВ СО РАН» (см. рис. 2.2 ниже), завод по утилизации ТКО будет принимать на переработку бытовые отходы, образующиеся на территории Академгородка, р.п. Кольцово, а также части Первомайского района г. Новосибирска. Мощность завода – 50 тысяч тонн перерабатываемых ТКО в год, что в настоящее время превышает объем создаваемых на территории отходов на 15-20%. Избыточная производительность завода позволит создать запас на будущее, когда за счет роста населения данной территории вырастет объем отходов.

Кроме того, неиспользуемые мощности могут быть использованы для уничтожения ТКО, в настоящее время складироваемых на данном полигоне. Благодаря использованию высокотемпературной технологии плазменной газификации, они могут утилизироваться без предварительного выделения трудносгораемых и/или непригодных для сжигания фракций, что может снизить затраты на ликвидацию полигона.



Рисунок 2.2. Расположение предлагаемого завода по переработке ТБО

Поступающие на завод ТКО будут подвергаться предварительной сортировке при помощи роботизированной системы с выделением пригодных для повторного использования фракций, что позволит несколько увеличить выручку предприятия.

Прочие фракции, представляющие собой, прежде всего, пищевые отходы, будут направляться на установку плазменной газификации, на которой из них будет вырабатываться синтез-газ. Предполагается, что синтез-газ будет накапливаться в газгольдере, что позволит сгладить флуктуации его химического состава, вызванные флуктуациями фракционного состава ТКО и затем передаваться по газопроводу на котельную, принадлежащую ФГУП «УЭВ СО РАН», где использоваться в качестве топлива. Данный подход позволит обеспечить максимальную глубину переработки ТБО, одновременно избегая проблем, связанных с организацией поставок тепла или электроэнергии в городские сети.

В отличие от аналогов, предлагаемый способ организации переработки ТКО в Советском районе г. Новосибирска обладает рядом преимуществ:

1. Сохранение status quo – «нулевой вариант», когда несортированные отходы продолжают захораниваться на существующем полигоне. В соответствии с существующим законодательством, данный способ утилизации ТКО в ближайшие годы будет полностью запрещён (см. раздел 2.1.1 выше). Другими преимуществами предлагаемого варианта является рост налоговых поступлений за счет налога на прибыль, имущество, а также заработную плату сотрудников завода по утилизации. Наиболее существенным косвенным эффектом будет потенциальный рост налоговых поступлений и увеличение занятости, связанные с появлением на территории НСО производства оборудования для сортировки и утилизации ТБО, первым этапом создания которого является данный проект.
2. Внедрение только роботизированной сортировки ТКО с захоронением остальных фракций на территории существующего полигона (см. раздел 3.1.1 ниже). Данный метод полностью соответствует существующему законодательству и, при неизменности законодательной базы, может быть продолжен в течение неограниченного времени. В сравнении с данным методом, плазменная утилизация

остатков от сортировки ТКО позволит остановить разрастание и, при необходимости, начать уничтожение запасов отходов на полигоне. Существующий полигон ФГУП «УЭВ СО РАН» в настоящее время заполнен более, чем на 80% и даже при сокращении потока поступающего ТКО за счет выделения из него вторично используемых фракций, будет закрыт в ближайшие 10 лет. Строительство завода по утилизации ТКО позволит сохранить существующие транспортно-логистические схемы сбора и вывоза отходов, избежать необходимости поиска нового участка под полигон утилизации ТБО, а также расходов на рекультивацию существующего (при необходимости, запасы отходов на нём могут быть уничтожены на строящемся заводе).

3. Строительство комплекса по плазменной утилизации с выработкой синтез-газа и электроэнергии (см. раздел 3.1.2 и 3.1.3 ниже). Предлагаемый в данном проекте метод встраивания предприятия в систему энерго- и теплообеспечения города путём поставки синтез-газа в существующую котельную ФГУП «УЭВ СО РАН» является наиболее простым в нынешней ситуации, когда отсутствует как законодательная база, так и реальный опыт встраивания крупных альтернативных поставщиков в городские энерго- и теплораспределительные системы. Кроме того, за счет близости предполагаемой площадки размещения завода и котельной он является наиболее дешевым вариантом, требующим строительства газопровода, газгольдера и небольшой адаптации имеющегося на данной котельной водогрейного котла. Иные варианты потребуют, помимо создания собственно генерирующей инфраструктуры, строительства теплотрассы, либо ЛЭП, а также проведения работ по встраиванию созданных мощностей в общегородскую систему управления.

1.9. Описание технологии производства и оборудования

Общая конструктивная схема комплекса

Разрабатываемая в рамках проекта система является модульным комплексом, позволяющим обеспечить экономически эффективную переработку коммунальных отходов, включающую:

- сортировку и повторное использование ценных фракций ТБО,
- переработку высокопотенциальных фракций ТБО в тепло и электроэнергию,
- вовлечение отходов утилизации в повторный хозяйственный оборот.

Всё вспомогательное оборудование завода – конвейеры, устройства бункеровки, грохочения, прессования и пр. будут закупаться на открытом рынке у, преимущественно, российских поставщиков.

За счет модульной конструкции, разработанное оборудование может быть скомпоновано в широкий набор технологических линий в зависимости от условий эксплуатации и пожеланий потребителя. В настоящее время рассматриваются четыре базовые схемы мусороперерабатывающих предприятий, оснащенных разработанным в рамках проекта оборудованием.

Автоматическая сортировка ТБО с получением вторсырья и захоронением «хвостов» на полигоне

Данная схема является наиболее дешевым решением, позволяющим обеспечить выполнение требований федерального законодательства по обращению с отходами, запрещающего захоронение полимеров, бумаги, стекла, металлов и электронного мусора.

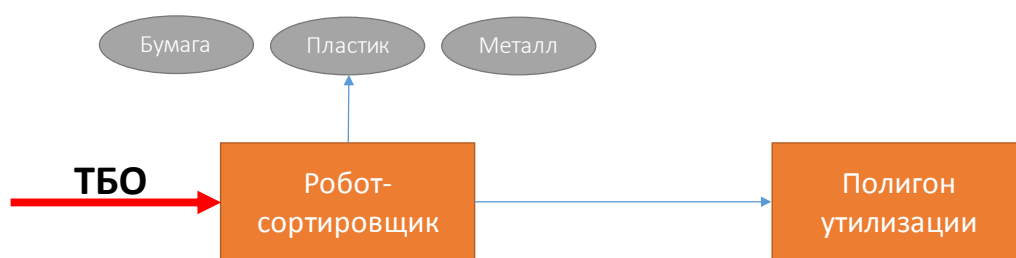


Рисунок 3.2. Схема линии роботизированной сортировки ТБО с последующим захоронением

Комплект оборудования для роботизированной сортировки может быть установлен на существующем полигоне захоронения ТБО, сортируя поступающие на него отходы. Основным достоинством данной схемы является её крайняя экономичность, а также возможность увеличения выручки полигона за счет продажи извлеченного вторсырья, что позволяет обеспечить выполнение требований законодательства без больших вложений и существенного повышения тарифов.

Плазменная утилизация несортированных ТБО с выработкой электроэнергии

В данной схеме установка плазменной утилизации используется для производства синтез-газа, который используется в качестве топлива для ПГУ, вырабатывающей электроэнергию (см. рисунок 3.3 ниже). В состав установки входит плазменно-реакторный комплекс, разрабатываемый ИТ СО РАН и паро-газовый блок (ПГУ) на базе газотурбинной электростанции ЭГЭС-16ПА2 производства АО «ОДК-Авиадвигатель» (г. Пермь)



Рисунок 3.3. Схема линии плазменной утилизации ТБО с выработкой электроэнергии

Основным достоинством данной схемы является её относительная простота и возможность работы с несортированным мусором, что позволяет применять её в целях уничтожения крупных существующих свалок, либо перепрофилирования их в заводы по утилизации мусора.

Оборудование устанавливается в непосредственной близости от полигона, подключается к городским электросетям и постепенно срабатывает существующие на нём запасы ТБО, сортировка которых невозможна или экономически нецелесообразна. В дальнейшем, система может быть дополнена линиями сортировки входящих отходов и перепрофилирована в завод по утилизации мусора.

Автоматическая сортировка и плазменная утилизация ТБО с выработкой электроэнергии

Данный вариант является одним из наиболее технически эффективных методов утилизации ТБО, в котором обеспечивается максимальное изъятие повторно используемых ресурсов из потока ТБО, а также максимально полное уничтожение малоценных фракций, что уменьшает потребность в площадях для их складирования.

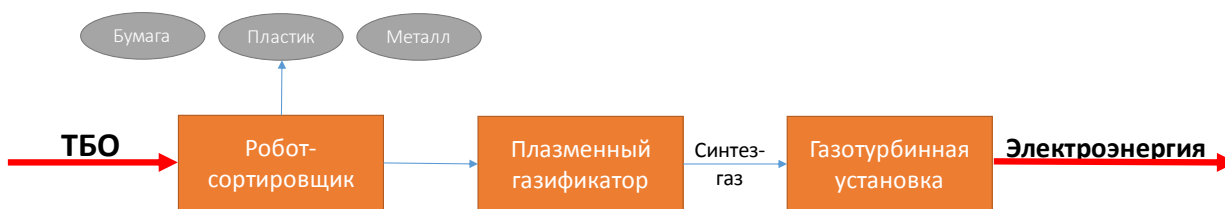


Рисунок 3.4. Схема линии роботизированной сортировки и последующей плазменной утилизации ТБО с выработкой электроэнергии

Схема рекомендуется как для новых мусороперерабатывающих заводов, так и для дооснащения линий плазменной утилизации ТБО с целью повышения их экономической эффективности. Рост выручки от продажи вторсырья позволит повысить рентабельность завода, что может несколько снизить тариф на вывоз мусора для населения.

Технические характеристики автоматической системы сортировки на основе нейронных сетей для отбора черного и цветного металла и полимеров

В проекте будет разработана базовая технология автоматизированной сортировки на основе распознавания образов, лежащая в основе широкого спектра сортировочного оборудования. Также, на основе данной технологии будет разработана конструкторская документация, а также собран и испытан опытный образец автоматизированной системы сортировки мусора, предназначенной для разделения потока несортированных ТБО по фракциям. Установленная на заводе по утилизации мусора, система будет заменять традиционную для России ручную сортировку, выделяя пригодные для повторного использования фракции ТБО, прежде всего, полимеры, стекло и бумагу. Автоматизированное сортировочное устройство будет состоять из следующих основных составных частей:

1. **Система технического зрения**, использующая в качестве датчиков как обычные видеокамеры, так и специализированные сенсоры, прежде всего, мультиспектральные, а также сенсоры ближнего (NIR) и дальнего инфракрасного диапазона (FIR), рентгеновские (DE-XRT), рентгенофлуоресцентные (XRF) и лазерно-спектроскопические (LIBS) в зависимости от специфики сортируемого продукта и требований к его сортировке.
2. **Управляющий компьютер, оснащенный ПО распознавания образов.** Анализируя поступающее от системы технического зрения изображение с использованием технологии нейронных сетей, ПО выделяет из потока поступающего в сортировочное устройство продукта определенные элементы в соответствии с заложенными в процессе обучения нейросети признаками. Подобными признаками может быть сочетание формы и цвета изделия, формы и спектрограммы и пр., позволяющее отнести элемент к какой-либо категории (например, «стеклянная бутылка», «полипропилен», «кусоч картона»). Затем, ПО дает команду на удаление выделенного элемента из потока продукта.
3. **Сортировочный механизм.** Получая команду от управляющего компьютера, сортировочный механизм захватывает и удаляет выделенный ПО распознавания образов элемент из потока продукции, помещая его в контейнер. В качестве сортировочного механизма предполагается использовать стандартный быстродействующий дельта-робот, изменяя захваты его манипулятора в зависимости от сферы применения и сортируемого продукта.

Важно отметить, что базовая технология автоматической сортировки и архитектура сортировочной системы и ПО являются сенсор- и продуктонезависимыми. Т.е. при смене сортируемого продукта (с ТБО на строительный мусор) или требований к сортировке (не просто выделение пластика, а разделение его по типам – полиэтилен, полипропилен и пр. на основе LIBS) в систему придется внести не слишком большие изменения – заменить сенсор, захваты дельта-робота и переобучить ПО распознавания образов. Это позволяет продавать, фактически, одно и то же устройство на нескольких смежных рынках, снижая себестоимость разработки и производства за счет унификации программного и аппаратного обеспечения изделий.

Для первичной коммерциализации базовой технологии автоматизированной сортировки на основе распознавания образов выбран рынок систем сортировки ТБО. Это связано, прежде всего, с огромным неудовлетворенным спросом на подобное оборудование российского производства, вызванным недавними изменениями в законодательстве. Выход на рынок, находящийся на стадии быстрого роста, позволит быстро вернуть первоначальные инвестиции и сформировать запас ресурсов для разработки автоматических сортировочных систем для других рынков.

Разработанный в рамках проекта автоматический комплекс сортировки ТБО по сравнению с традиционной для РФ ручной сортировкой позволит:

- Удалить людей из зоны сортировки, как следствие повысив их производительность, улучшить условия их труда и снизить уровень профессиональных заболеваний, связанных с непосредственным контактом с отходами;
- Снизить себестоимость сортировки за счет круглосуточной работы и более высокого качества выделения фракций, отправляемых на переработку. При этом, за счет постоянного снижения стоимости вычислительной и робототехники, преимущество автоматической сортировки в себестоимости будет постоянно возрастать;
- Создать новый вид продукции – малые мобильные высокоавтоматизированные утилизационные комплексы для ТБО. Их основной задачей может стать разбор старых, стихийных или малых мусорных полигонов, когда строительство стационарного мусороперерабатывающего завода не рентабельно, а вывоз несортированного мусора на переработку слишком дорог.

Мусор поступает по конвейеру к сортировочному автомату (одному или их может быть несколько, зависит от требуемой производительности) после предварительной подготовки:

- произведено удаление крупногабаритных фракций (например авто покрышки, старая мебель, доски, крупная бытовая техника, ковры и т.п.);
- пакеты, в которых был мусор разорваны.

В качестве сортировочного механизма используются высокопроизводительные роботы типа «дельта-робот». Робот расположен непосредственно над конвейером, что позволяет осуществлять сортировку как минимум в четырех направлениях. В нашем оборудовании мы планируем использовать дельта-роботов российского производства ООО «БИТ роботикс» (www.bitrobotics.com). В настоящее время дельта-роботы производятся большим количеством различных компаний по всему миру, поэтому поиск альтернатив, в случае, если российский производитель не сможет обеспечить требуемые параметры по стабильности и безотказности работы устройства, будет очень прост и быстр. В частности, наиболее предпочтительной альтернативой продукции «БИТ роботикс» являются изделия FANUC M-2 (<http://www.fanuc.eu/ru/ru/роботы/страница-фильтра-роботов/серия-m2>). Самостоятельное производство дельта-роботов не планируется.

Для управления каждым роботом используется система технического зрения. Основной управляющий компьютер, с использованием технологии нейронных сетей, позволяет быстро выявлять в общем потоке знакомые объекты, сортировать их по принадлежности и отправлять команду непосредственно роботу на перенос того или иного объекта в заданное место. Так опознав в объекте пластиковую бутылку, будет подана команда на перенос ее в соответствующий контейнер. Фактически робот из общего потока мусора откидывает в заданных направлениях несколько основных фракций, выделение которых требует присутствия человека, данные фракции попадают в контейнеры и в дальнейшем, при необходимости, могут досортировываться.

АСУ ТП, входящая в состав автоматического роботизированного комплекса сортировки, будет осуществлять общий контроль за работой всего комплекса, так в частности, при необходимости, АСУ ТП будет регулировать скорость движения конвейера, обеспечивая максимальную производительность и полноту сортировки.

На начальном этапе или в случае необходимости в работу роботов может вмешаться оператор. Глядя в мониторы, оператор может давать команды на отбор нестандартных фракций. С использованием технологии нейронных сетей, система распознавания образов будет постепенно обучаться и сможет в дальнейшем самостоятельно принимать решения об удалении новых фракций/компонент из потока.

Таким образом, из несортированного мусора, удаляются пластики, включая полиэтиленовую пленку и пакеты, удаляется стекло, бумага и другие компоненты, на которые настроена система детекции и распознавания. После сортировки на конвейере остается только тот мусор, который может быть безопасно утилизирован любым способом (сожжен в печи, газифицирован, компостирован или захоронен).

Металлические фракции могут быть детектированы и удалены на этапе предварительной сортировки с использованием магнитов, а немагнитные материалы (например, алюминиевые банки), могут быть обнаружены в слое ТБО другими датчиками и удалены с помощью робота. В качестве датчиков могут использоваться как видеокамеры, так же другие датчики, наиболее подходящие для детекции конкретного типа материалов, требующих извлечения. На начальном этапе в сортировочном комплексе будет использована оптическая система машинного зрения.

Сравнение с оптико-пневматическими системами

В настоящее время наиболее распространенными системами автоматической сортировки ТБО являются оптико-пневматические машины, в частности, TOMRA Autosort и др.

Сравнение по технологическим критериям. Важнейшим отличием разрабатываемого продукта от сортировочного комплекса Autosort является использование универсального дельта робота для удаления предмета из потока ТКО вместо набора сопел, подающих мощную струю воздуха. Вследствие этого, наша система имеет ряд преимуществ и недостатков.

Преимущества

- можно делать отбор сразу нескольких фракций, разделяя их по нескольким контейнерам. Autosort за один проход выделяет только одну фракцию.
- можно делать отбор в сплошном, непрерывном потоке, при этом исходные фракции могут быть частично присыпаны. Autosort устойчиво работает только с мусором, подаваемым одним слоем.
- легко перенастроить на отбор других фракций. Autosort продается в нескольких конфигурациях, оптимизированных на отбор определенных видов сырья.

- можно оперативно реагировать на изменяющийся состав ТБО, «на ходу» перенастраивая сортировочную систему на отбор других фракций при изменении их соотношения в ТБО.
- потенциально более высокое качество отбора фракций, позволяющее достичь более, чем 95%-й эффективности для смешанного мусора. Реальное качество отбора пластика из предварительно не сортированных ТКО Германии у систем Autosort составляет не более 83-88%⁸
- за счет компактности разрабатываемый сортировочный узел (дельта робота и систему распознавания объектов) можно устанавливать на уже готовые конвейеры, например МСС 50000 или иные на уже существующие мусороперерабатывающие заводы, освобождая персонал от тяжелого и вредного труда. Autosort требует изменения конфигурации конвейера.
- за счет компактности на базе разрабатываемого оборудования можно делать мобильные сортировочные установки, используя стандартные морские контейнеры 20 или 40 фут.

Недостатки

- Разрабатываемая система недостаточно эффективна в отборе относительно мелких фракций, например мелких кусков битого стекла, мелких полиэтиленовых пакетиков и т.д. Её нельзя использовать для отбора фракций после измельчителя.

Сравнение по финансовым критериям. Ожидается, что за счет применения относительно дешевых дельта-роботов и постоянно дешевеющих стандартных устройств машинного зрения и промышленных компьютеров, разрабатываемая сортировочная система будет дешевле устройств Autosort при аналогичной производительности, причем ценовое преимущество будет возрастать с ростом конкуренции на рынках компонентов нашей сортировочной установки (роботов, сенсоров, компьютеров). За счет универсальности, наша сортировочная система может быть легко перенастроена на отбор других фракций из потока ТБО.

- Цена реализации роботизированной системы сортирующей ~ 25 тыс. тонн в год и обеспечивающей ~30% рентабельность её производства по чистой прибыли предполагается в диапазоне 9 – 12 млн. руб. в зависимости от используемой системы технического зрения. Аналогичная по производительности традиционная автоматическая сортировочная установка европейского производства стоит от 300 до 500 тыс. Евро (23 – 38 млн. руб.)
- Благодаря универсальности, возможна быстрая и дешевая перенастройка оборудования на отбор других фракций во время сезонных изменений состава ТБО, что невозможно в случае применения сортировочных машин зарубежного производства. При использовании традиционных сортировочных машин необходимо обеспечивать запас по производительности по каждой из фракций, соответствующий сезонному пику. Применение основанных на дельта-роботах сортировочных машин позволяет существенно снизить вложения в основные фонды мусоросортировочных предприятий.

Благодаря существенной новизне продукции и отсутствию серийно производимых полных аналогов как на российском, так и на международном рынках, возможно сохранение вышеописанных конкурентных преимуществ в течение 5-6 лет и более. Крайне маловероятен переход таких крупных производителей сортировочной техники, как Tomra или Pellenc на полностью иную конструкцию машин в ближайшие годы. Это

⁸ По данным W. Hryb «Sorting Tests of Unsorted Municipal Solid Waste from Germany for a Selected Opto-Pneumatic Sorting Machine». Pol. J. Environ. Stud. Vol. 24, No. 1 (2015), 99-105. Важно отметить, что в Германии раздельный сбор мусора обязателен, в связи с чем, несортированный муниципальный мусор отсюда включает существенно меньшую долю пластика и стекла, чем несортированные ТКО из стран, где раздельный сбор мусора отсутствует, что отмечает и автор статьи.

связано как с огромными инвестициями в их производство, так и с недостаточными компетенциями, связанными с применением дельта-роботов. Появление близких аналогов на рынке РФ в ближайшие 5-6 лет крайне маловероятно.

За рубежом первые образцы близких по конструкции роботизированных систем предлагают компании AMP Robotics (США), Sadako Technologies (Испания) и ZenRobotics Ltd. (Финляндия). В настоящее время все они, в большой степени, являются экспериментальными или proof-of-concept образцами, не имеющими широкого распространения. За счет применения относительно дешевых дельта-роботов российского производства и за счет более низкой стоимости российской рабочей силы, мы считаем, что продукция проекта будет дешевле зарубежных аналогов.

Предполагается, что в процессе серийного производства автоматических сортировочных систем, будет происходить, в основном, крупноузловая сборка комплексов из модулей, приобретаемых на рынке, изготовление специализированного оборудования, наладка и предварительное тестирование комплекса в целом, а так же все виды работ по проектированию, монтажу и пуско-наладке. В настоящее время точно известно, что будут закупаться:

- Дельта-роботы в комплекте со специализированными контроллерами управления и, при необходимости, конвейерные элементы;
- Полнокомплектные системы машинного зрения, либо их основные компоненты в случаях, когда стандартные решения отсутствуют;
- Компьютеры в защищенном исполнении для вычислительного модуля;
- Другие компоненты и оборудование, необходимые для создания автоматических, роботизированных сортировочных систем, самостоятельное производство которых не рентабельно.

Самостоятельно будут разрабатываться и производиться следующие элементы комплекса:

- ПО распознавания образов;
- Управляющее ПО сортировочной установки;
- Захваты дельта-робота (в случае невозможности закупки готовых)
- АСУ ТП, осуществляющая контроль и управление всеми компонентами мусоросортировочного комплекса.

Таким образом, производитель сортировочных систем, в основном, выполнять функции интегратора. Кроме того, его задачей будет разработка новых версий ПО и новых конструкций сортировочных установок, а также оказание инжиниринговых услуг по интеграции автоматических сортировочных систем в бизнес-процессы предприятий отрасли переработки ТБО, пищевой, горнодобывающей промышленности и сельского хозяйства. Также он будет выполнять функции технической поддержки уже действующих комплексов и услуги по обучению персонала, эксплуатирующего такие комплексы

Разработанная автоматизированная сортировочная система для ТКО станет важнейшим элементом модульной системы утилизации мусора, разрабатываемой консорциумом научных и промышленных предприятий Новосибирска. Автоматизированная сортировочная установка, как элемент комплексной системы переработки ТКО даст возможность снизить себестоимость утилизации мусора за счет повышения доли выделяемого для повторного использования сырья и более низких, чем при ручной сортировке эксплуатационных расходов.

Сравнение с линиями ручной сортировки

Благодаря существенным изменениям, произошедшим в государственной политике регулирования отрасли переработки ТБО, сортировка мусора превращается в необходимый элемент любой муниципальной системы утилизации бытовых отходов. Так,

начиная с 1 января 2018 года запрещается захоронение отходов бумаги и картона, шин, покрышек, автомобильных камер, а также отходов продукции из термопластов (это практически все широко распространенные виды пластмасс), стекла и изделий из него.

Другим фактором, влияющим на рост интереса к сортировке является довольно высокая цена и значительный спрос на вторичное сырье, извлекаемое из ТБО. В таблице 3.1 ниже приведен средний уровень выручки, получаемой из 10 тысяч тонн бытовых отходов в результате сортировки и продажи выделенного из них вторсырья (по данным ООО Спецзавод «Квант» и МПЗ №2 (г. Новосибирск)).

Таблица 3.1. Выручка от реализации вторсырья, полученного из 10 тыс. тонн ТБО (тыс. руб.)

№	Наименование ВМР	% выхода	Кол-во, т	Цена за тонну	Выручка
1	Бумага, картон	3,50	350	3	1 050
2	Черный металлолом	0,50	50	5	250
3	Стекло	0,50	50	1	50
4	ПЭТ-бутылка	1,50	150	20	3 000
5	Пластик, пленка	0,75	75	10	750
6	Цвет металлолом	0,25	25	5	125
7	Текстиль, ветошь	0,00	0	1	0
8	Итого	7,00	700		5 225

Сравнение экономической эффективности двух технологий – ручной и автоматизированной сортировки на основе систем распознавания образов и дельта-роботов ведется, исходя из следующих основных предпосылок (по данным, полученным от сотрудников ООО Спецзавод «Квант»):

1. Производительность мусоросортировочного предприятия – 120 тыс. тонн ТБО в год или 10 тыс. тонн в месяц.
2. Бизнес-процесс сортировки ТБО рассматривается отдельно от остальных бизнес-процессов предприятия (сжигания, захоронения и пр.);
3. Предприятие имеет два источника выручки – от реализации извлеченного из ТБО вторсырья (см. Таблицу 1 выше) и от тарифа на сортировку мусора (в данном расчете 170 рублей за 1 м³ при $\rho = 0,25$ кг/м³);
4. Стоимость обслуживания оборудования и прочие затраты участка (на энергоносители, отопление и пр.) одинаковы в обоих случаях и составляют 1 и 1,5 млн. руб. соответственно.

Стоимость оборудования

По данным, полученным от ООО Спецзавод «Квант», стоимость сортировочного конвейера мощностью 10 тыс. тонн ТБО в год составляет около **200 млн. рублей**.

Предполагается, что для достижения аналогичной производительности потребуется 10 сортирующих роботов стоимостью 5 млн. руб. за штуку. Кроме того, для компенсации сезонных пиков, а также для обеспечения непрерывности работы предприятия в резерве находятся еще два устройства. Стоимость вспомогательных элементов сортировочной системы (элементов конвейера, бункеров и пр.) – 15 млн. руб. Стоимость автоматизированной системы в данном случае составляет **75 млн. руб.**

Оплата труда

Предполагается, что при двусменной работе персонал сортировочного конвейера и обслуживающих бизнес-процессов (погрузки, выгрузки и пр.) составит около 100 человек при средней заработной плате в 40 тыс. рублей.

Автоматизированное сортировочное оборудование потребует специалистов двух видов – операторов с заработной платой 60 тыс. руб. и вспомогательных сотрудников

(водителей, подсобных рабочих и пр.) с заработной платой в 40 тыс. руб. В связи с тем, что автоматизированный сортировочный цех будет работать круглосуточно, потребуется 6 операторов и 12 вспомогательных сотрудников.

Сравнение затрат на оплату труда двух типов сортировочных систем приведено ниже в таблице 3.2. Как видно из таблицы, затраты на оплату труда при применении роботизированной системы почти в пять раз меньше.

Таблица 3.2. Ежемесячные затраты на оплату труда при ручной и роботизированной сортировке (тыс. руб.)

Ручная сортировка					Роботизированная сортировка			
№	Наименование	Кол-во	Ставка	Сумма	Наименование	Кол-во	Ставка	Сумма
1	Зарботная плата	100	40	4 000	Зарботная плата операторов	6	60	360
2					Зарботная плата прочих сотрудников	12	40	480
3	НДФЛ		0,13	520	НДФЛ		0,13	109
4	Страховые отчисления		0,3	1 356	Страховые отчисления		0,3	285
5	ИТОГО затраты на оплату труда			5 876	ИТОГО затраты на оплату труда			1 234

Финансовый результат сортировочного участка по итогам месяца работы приведен ниже в таблице 3.3. За счет существенно более низких затрат на персонал, а также меньшей стоимости оборудования (что влияет на объем амортизационных отчислений и налог на имущество) роботизированный участок более рентабелен.

Таблица 3.3. Прогнозный финансовый результат при ручной и роботизированной сортировке по итогам месяца работы участка (тыс. руб.)

Ручная сортировка			Роботизированная сортировка	
№	Наименование	Сумма	Наименование	Сумма
1	Выручка от реализации вторсырья	5 225	Выручка от реализации вторсырья	5 225
2	Выручка от тарифа за прием ТБО	6 800	Выручка от тарифа за прием ТБО	6 800
3	ИТОГО выручка	12 025	ИТОГО выручка	12 025
4	Зарботная плата	4 000	Зарботная плата операторов	360
5			Зарботная плата прочих сотрудников	480
6	НДФЛ	520	НДФЛ	109
7	Страховые отчисления	1 356	Страховые отчисления	285
8	ИТОГО затраты на оплату труда	5 876	ИТОГО затраты на оплату труда	1 234
9	Обслуживание оборудования	1 000	Обслуживание оборудования	1 000
10	Прочие затраты	1 500	Прочие затраты	1 500
11	ЕВТДА	3 649	ЕВТДА	8 291
12	Амортизация	1 667	Амортизация	625
13	НДС к уплате	1 453	НДС к уплате	1 453
14	Налог на имущество	367	Налог на имущество	138
15	Прибыль до налогообложения	163	Прибыль до налогообложения	6 076
16	Налог на прибыль	33	Налог на прибыль	1 215
17	Чистая прибыль	130	Чистая прибыль	4 860

Операционная рентабельность роботизированного участка сохраняется и при нулевом тарифе за прием ТБО – т.е. он может успешно самофинансироваться только за счет реализации выделенного из мусора вторичного сырья (см. таблицу 3.4 ниже). Участок с ручной сортировкой становится операционно убыточным при тарифе ниже, чем 165,50 руб. за м³.

Таблица 3.4. Прогнозный финансовый результат при ручной и роботизированной сортировке и нулевом тарифе за прием ТБО по итогам месяца работы участка (тыс. руб.)

Ручная сортировка			Роботизированная сортировка	
№	Наименование	Сумма	Наименование	Сумма
1	Выручка от реализации вторсырья	5 225	Выручка от реализации вторсырья	5 225
2	Выручка от тарифа за прием ТБО	0	Выручка от тарифа за прием ТБО	0
3	ИТОГО выручка	5 225	ИТОГО выручка	5 225
4	Заработная плата	4 000	Заработная плата операторов	360
5			Заработная плата прочих сотрудников	480
6	НДФЛ	520	НДФЛ	109
7	Страховые отчисления	1 356	Страховые отчисления	285
8	ИТОГО затраты на оплату труда	5 876	ИТОГО затраты на оплату труда	1 234
9	Обслуживание оборудования	1 000	Обслуживание оборудования	1 000
10	Прочие затраты	1 500	Прочие затраты	1 500
11	EBITDA	-3 151	EBITDA	1 491
12	Амортизация	1 667	Амортизация	625
13	НДС к уплате	416	НДС к уплате	416
14	Налог на имущество	367	Налог на имущество	138
15	Прибыль до налогообложения	-5 600	Прибыль до налогообложения	313
16	Налог на прибыль	0	Налог на прибыль	63
17	Чистая прибыль	-5 600	Чистая прибыль	250

Роботизированный участок сортировки более выгоден и для консолидированного бюджета области, даже несмотря на снижение поступлений от НДФЛ за счет существенно большего налога на прибыль (см. таблицу 3.5 ниже).

Таблица 3.5. Налоговые платежи в консолидированный бюджет субъекта федерации при ручной и роботизированной сортировке по итогам месяца работы участка (тыс. руб.)

Ручная сортировка			Роботизированная сортировка	
№	Наименование	Сумма	Наименование	Сумма
1	НДФЛ	520	НДФЛ	109
2	Налог на имущество	367	Налог на имущество	138
3	Налог на прибыль (в части 17%)	28	Налог на прибыль (в части 17%)	1 033
4	ИТОГО	914	ИТОГО	1 280

В данных условиях, роботизированное оборудование окупается в течение 14 месяцев за счет суммы чистой прибыли и амортизационных отчислений, когда как линия ручной сортировки – в течение более, чем 9 лет.

Технические характеристики плазменной системы газификации полимерных материалов с производством синтез-газа и электроэнергии

Результаты исследований плазменно-термического способа переработки различных техногенных отходов, проведенные в России, Франции, Канаде, США, Японии, Корее, свидетельствуют о высокой эффективности высокотемпературных (плазменных) технологий для решения эколого-экономической проблемы утилизации углеродсодержащих отходов.

Плазменная технология газификации отходов позволяет получать высококалорийный синтез-газ (смесь CO+H₂ до 90% об.) с теплотворной способностью 8-10 МДж/м³. Использование его в качестве топлива в энергетических котлах или газотурбинных установках (ГТУ) позволяет вырабатывать электрическую энергию и тепло. Высокие температуры в реакционной зоне электропечи (1200-1600 °С) блокируют образование канцерогенных веществ (диоксин, фураны) и обеспечивают получение жидкого шлака с последующим его гранулированием (остекловыванием) с инертными свойствами.

Технологическая схема по газификации отходов включает в себя плазменно-дуговую электропечь, систему загрузки отходов, дуговой плазмотрон (один или несколько) для нагрева воздуха или водяного пара, сервисные системы обеспечения

работоспособности плазмотрона (ов), экологический блок очистки отходящих (дымовых) газов в газожидкостном центробежно-барботажном аппарате, блок сбора твёрдых остатков. При этом производительность по сырью (от десятков килограммов до нескольких тонн в час) определяется мощностью плазмотронов (от десятков до нескольких сотен киловатт). В состав ЭПУ входят:

1. плазменная электропечь;
2. плазмотронный блок;
3. система загрузки отходов;
4. дожигатель горючих остатков дымовых газов;
5. система удаления жидкого шлака и жидкого металла;
6. система очистки дымовых газов, включающий центробежно-барботажные аппараты;
7. обеспечивающие системы: электроснабжения; водоснабжения; газоснабжения; вентиляции; кондиционирования; безопасности и др.
8. система АСУТП с функцией сбора, архивирования и обработки информации;
9. эксплуатационная документация.

Обеспечивающие блоки и системы электроплазменной установки являются автономными и могут быть созданы (скомпонованы) на основе применения типового оборудования достаточной мощности по отдельным взаимосогласованным проектам.

Предлагаемые к электродуговые плазмотроны могут обеспечить длительный ресурс работы электродов (300 час и более) при нагреве практически любых газовых сред до температуры 3000÷5000 К. Существующие в настоящее время конструктивные схемы дуговых плазмотронов (аналогов) далеко не удовлетворяют требования технологических процессов, и поэтому требуется существенная их доработка.

Органическая часть отходов газифицируется с получением синтез-газа (смесь оксида углерода и водорода) и последующим дожиганием газов в камере дожигания. Закалка продуктов переработки и очистка отходящих газов производится в вихревом скруббере с водно-щелочным раствором. Неорганическая часть отходов переводится в жидкий шлак с последующим остекловыванием (грануляцией) для придания ему инертных свойств.

Технология основана на высокотемпературном (1300 - 1700 °С) плазмохимическом воздействии и полном разложении утилизируемых продуктов с помощью дуговой плазмы с получением полезного продукта, синтез-газа, который представляет собой смесь водорода и оксида углерода и является ценным энергетическим сырьем, а также инертного шлака, который можно использовать как строительный материал.

Дуговая плазма генерируется разработанными в ИТ СО РАН электродуговыми плазмотронами, не имеющими аналогов в мире по мощности и ресурсу работы электродов. При этом ресурс работы электродов будет составляет минимум 300 и до 1000 часов, что уже сегодня вполне удовлетворяет требования многих электротехнологий.

Основными преимуществами технологии являются экологическая безопасность, энергоэффективность, универсальность по отношению к типу отходов, малые габариты оборудования, низкие эксплуатационные затраты. Общее воздействие на перерабатываемые отходы, материалы или сырьё происходит за счет следующих физико-технических и физико-химических факторов:

1. первичных плазменных струй с температурой в их центре 3000-5000°С и выше, действующих в средней части рабочей камеры плазменной установки;
2. вторичных газовых потоков (с температурой до 1700°С), которые образуются в результате трансформации плазменных струй и горения термолитных и пиролизных газов, частично уходящих из рабочей камеры;
3. потоков тепла с поверхности ванны расплавленного шлака, нагреваемого до 1500-1600°С, с расплавленным металлом на дне ванны, имеющим температуру не ниже 1200°С;

4. потоков тепла со стен и свода рабочей камеры, нагреваемых до 1600-1700°C;
5. потоков тепла со стен и сводов загрузочного канала, омываемых уходящими дымовыми газами;
6. тепла, выделяющегося при горении некоторых компонент отходов в загрузочном канале (каналах);
7. физико-химических процессов расплавления, растворения, происходящих в шлаковой ванне, скапливающейся в нижней части рабочей камеры над металлическим расплавом;
8. выделение энергии при протекании химических реакций в слое техногенных отходов под воздействием газа-окислителя в пиролизной зоне шахты реактора плазменной установки.

Преимущества технологии достигнуты за счет использования дуговых плазмотронов уникальной конструкции, не имеющих аналогов в мире по ресурсу работы электродов, что позволяет:

- существенно увеличить срок непрерывной работы и мощность плазмотронов;
- существенно снижает капитальные затраты, т.к. значительно уменьшается объем очистных сооружений за счет снижения объема газа, подвергаемого очистке;
- существенно снизить эксплуатационные расходы, т.к. электроды больше не являются расходным материалом (время работы электродов до 1000 ч, у известных плазмотронов – до 100 ч);
- существенно снизить удельные энергозатраты (1,5 кВт/ч) и стоимость переработки отходов.

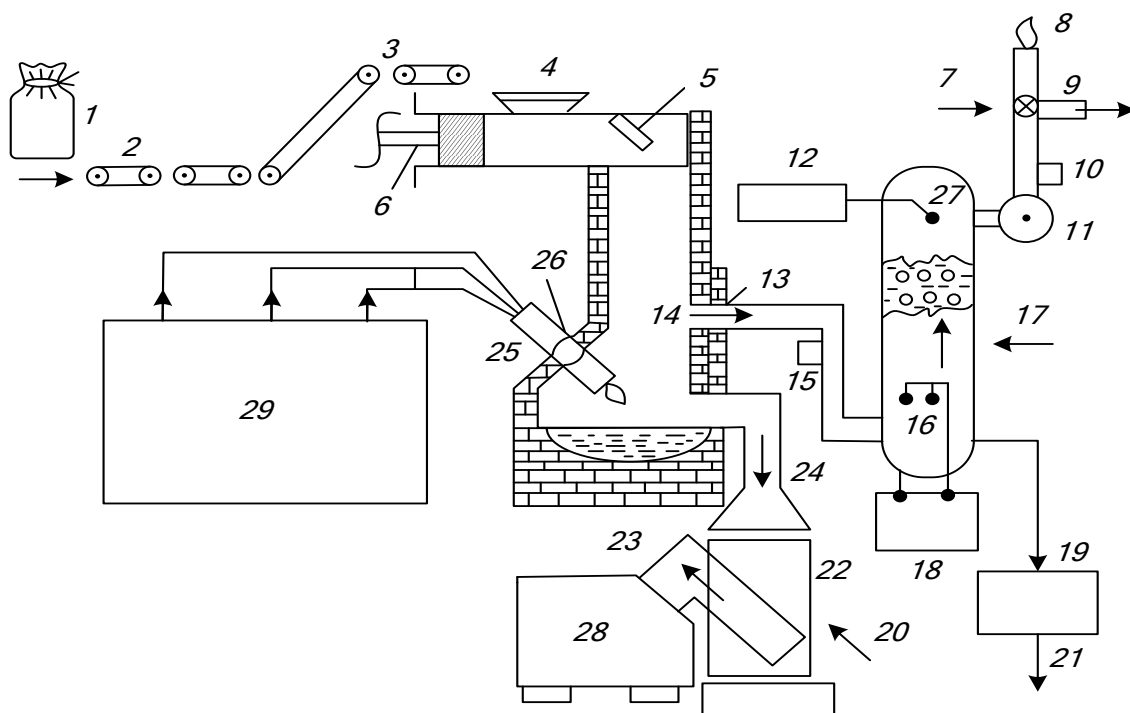


Рисунок 3.2. Плазмотермическая система переработки отходов

1 – отходы; 2 – подающий конвейер; 3 – загрузочный механизм; 4 – бункер; 5 – заслонка; 6 – поршень; 7 – вентиль; 8 – факел; 9 – газ на хранение; 10 и 15 – место забора проб; 11 – вентилятор; 12 – каустическая сода; 13 – печь для пиролиза; 14 – газ; 16 – закалка газа; 17 – очистка газа; 18 – теплообменник; 19 – шлак; 20 – подача в отвал; 21 – дренаж шлака; 22 – водяная ванна; 23 – транспортер; 24 – шлак; 25 –

плазмотрон; 26 – уплотнитель; 27 – скруббер; 28 – бункер для шлака; 29 – сервисные системы электро-, газо- и водоснабжения плазмотрона

Описание комплекса для плазменной газификации с получением электроэнергии производительностью 100 тыс. т ТБО в год.

В рамках соглашения с АО «ОДК-Авиадвигатель», Пермь, были выполнены расчеты комплекса для переработки/газификации ТБО в объеме 100 000 т/год. В комплексе предлагается установка двух технологических линий, обеспечивающих работу энергоагрегата ГТЭС-16 ПА (см. рис. 3.3 ниже). Газификация органической части твердых бытовых отходов (ТБО) осуществляется в шахтной плазменной электропечи – газификаторе (1). Производительность одного газификатора – 8 т/ч. Мощность единичного плазмотрона для нагрева воздуха – 2,5 МВт. Мощность 3-х плазмотронов для газификатора (1) – 7,5 МВт. Объем полученного синтез-газа из газификатора (1) – 9000 м³/ч. Температура дымовых газов на выходе из газификатора (1) – 1100-1200°C.

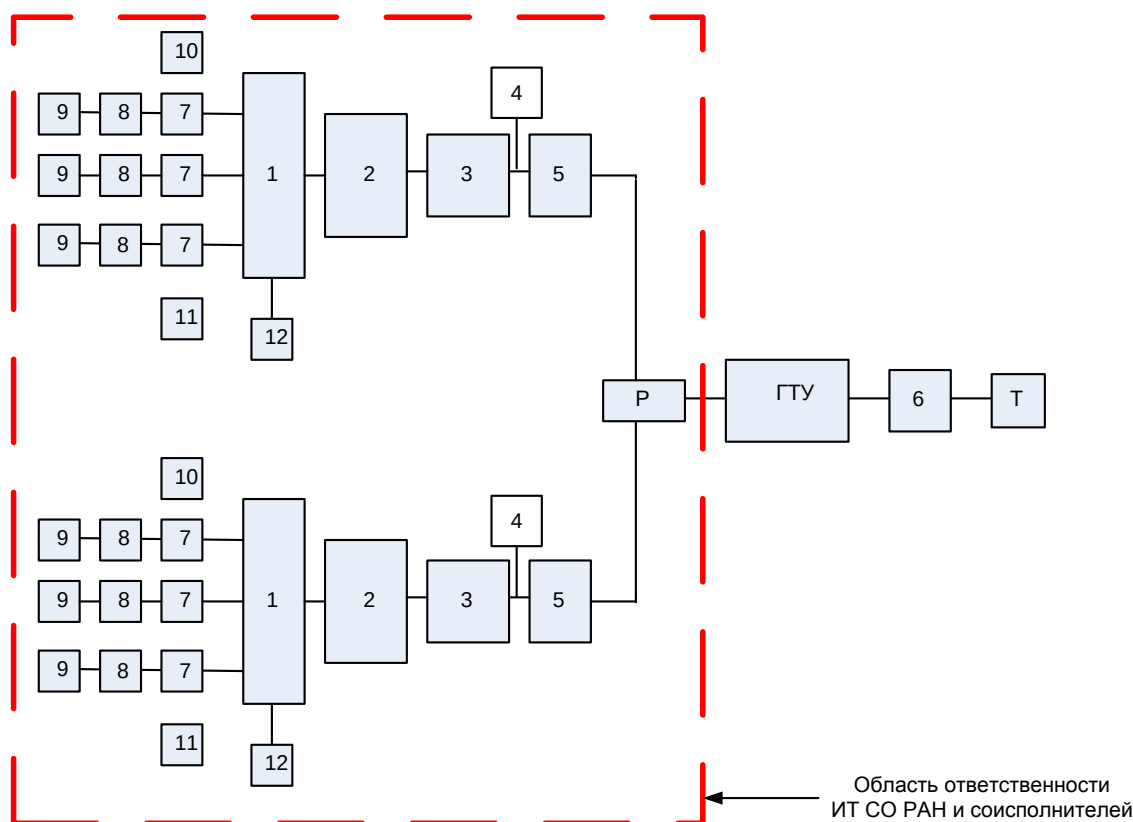


Рисунок 3.3. Блок-схема опытной технологической линии для плазменной газификации ТБО и получения электроэнергии

Из газификатора (1) синтез-газ поступает в центробежно-барботажный аппарат ЦБА (вихревой скруббер) (2) с водно-щелочным раствором производительностью ~ 40 000 норм.м³/ч, где его температура снижается до 80-90°C, далее синтез-газ поступает в осушитель-теплообменник (3), рукавный фильтр (4), компримируется компрессором (5), поступает в ресивер (газгольдер) (Р) и далее в газотурбинную установку (ГТУ). При расширении схемы на парогазовый цикл за газовой турбиной устанавливаются котел-утилизатор (6) и паровая турбина (Т). Остаточное низкопотенциальное тепло может использоваться для предварительной сушки ТБО. Кроме того, в цикл можно включать модуль утилизации низкопотенциального тепла на основе термотрансформаторов (тепловых насосов), которые также разрабатываются Институтом теплофизики СО РАН.

Для работы плазмотронов (7) требуются источники электропитания (управляемые тиристорные выпрямители) (8) с параметрами $I_{ном}=500-600$ А, $U_{хх}=6000$ В (6 шт.), разделительные трехфазные трансформаторы (9) мощностью 3,5 МВА (6 шт.), воздушный компрессор (10) производительностью ~ 15000 м³/ч при $p=4-6$ атм, водяной насос (11) (градирия 100 м³/ч, 10 атм). Охлаждающая вода необходима также для кожуха газификатора.

Неорганическая часть ТБО расплавляется в подине электропечи и сливается в емкость (12) для гранулированного шлака. Полученный синтез-газ из технологических линий компремируется в единый газгольдер с последующей подачей в ГТУ (возможно также обогащение получаемого синтез-газа природным газом).

В реакционной зоне газификатора существует восстановительная атмосфера (CO , H_2), поэтому оксиды азота в дымовом газе отсутствуют. Уровень температур (1300-1500°C) и резкая закалка отходящих газов в вихревом скруббере исключают образование диоксинов, фуранов и других канцерогенных веществ.

Предварительное подсушивание отходов уменьшает удельные энергозатраты на газификацию ТБО и увеличивает калорийность синтез-газа. Остающееся тепло после ГТУ целесообразно использовать для этих целей.

Остеклованный гранулированный шлак в объеме 10-12% от количества ТБО относится к 4 классу опасности и может без ограничения применяться в производстве строительных материалов, при создании автодорог и т.д. Шлак из системы очистки синтез-газа (ЦБА) относится к 3-4 классу опасности и содержит, в основном, хлористый водород, сульфат и карбонат натрия. Расход щелочи на нейтрализацию дымовых газов в зависимости от содержания кислых компонент в отходах составит ориентировочно 10-15 кг/ч, чтобы получить двухпроцентное содержание щелочи в водном растворе.

3.4.2 Технические характеристики комплекса плазменной газификации

При работе 2 модулей плазменного газификатора 8000 ч/год будет обеспечена выработка электроэнергии во внешние сети до 8 МВт или выработка тепловой энергии во внешние сети до 25 МВт при условии расширения предлагаемой схемы до парогазового цикла с добавлением котла-утилизатора и паровой турбины (в настоящий проект не включено).

1. Электрическая мощность ГТУ – 16 МВт
2. Среднее время работы ГТУ – 8000 часов
3. Производительность плазменного газификатора по ТБО – 127 тыс. тонн в год – 15,9 тонн в час
4. Удельная теплота сгорания получаемого синтез-газа – 3436 ккал/кг
5. Объем полученного синтез-газа из газификатора – 9000 м³/ч
6. Температура дымовых газов на выходе из газификатора – 1100-1200°C
7. Расход синтез-газа на ГТУ – 9620 кг/ч
8. КПД ГТУ – 35%
9. Тепловая мощность ГТУ – 45,7 МВт = 45700 кВт
10. Газифицирующий агент – воздух, обогащенный кислородом
11. Удельные энергозатраты – 1 кВтч/кг ТБО
12. Общая электрическая мощность модульного плазменного газификатора (6 плазмотронов) – 15 МВт
13. Электрическая мощность одного плазмотрона - 2,5 МВт
14. Количество модулей плазменного газификатора – 2 шт.

Периодичность проведения технического обслуживания и капитального ремонта будет указана в технической документации (не реже одного раза в год). Периодичность замены оборудования определяется инструкцией по эксплуатации элементов электропечи с частичной заменой их не более одного раза в месяц.

3.4.3 Состав, стоимость и сроки поставки оборудования и строительства комплекса

Стоимость комплекса с учетом проектирования, АСУ ТП, капитальных затрат, НДС, накладных расходов, монтажа и пуско-наладочных работ, испытаний, сертификации и запуска в промышленную эксплуатацию оценивается в 1,3 - 1,5 млрд. руб. без блока утилизации высокопотенциального и низкопотенциального тепла, энергоагрегата ГТЭС-16 ПА. Общая стоимость формируется из следующих основных компонентов:

1. *Электротехническая часть технологической линии включает в себя:*

- силовой понижающий трансформатор,
- разделительные трансформаторы,
- управляемые тиристорные выпрямители,
- поджигающее устройство,
- дроссель.

Стоимость двух технологических линий - 150 млн. руб.

2. *Плазменная шахтная электропечь-газификатор производительностью по отходам в 8 т/ч состоит из:*

- трех плазмотронов,
- загрузочного устройства подачи ТБО в печь,
- измерителей температуры в печи и состава газов по высоте шахты,
- ванны расплава шлака и слива его для грануляции,
- корпуса газификатора с футеровкой,
- системы водоохлаждения.

Стоимость двух модулей - 300 млн. руб.

3. *Вспомогательное оборудование:*

- воздушный компрессор,
- градирня,
- система непрерывного газового анализа.

Стоимость – 50 млн. руб.

4. *Система очистки, охлаждения, хранения и подготовки синтез-газа включает:*

- ЦБА,
- рукавный фильтр,
- газгольдер,
- теплообменник,
- запорно-регулирующую арматуру.

Стоимость - 50 млн. руб.

5. *Блок приемки, хранения и сортировки отходов - 50 млн. руб.*

Таким образом, предварительная стоимость разработки и изготовления газификатора и входящего оборудования без учета НДС, оценивается примерно в **600 млн. руб.**

6. *Стоимость проекта и изготовления АСУ ТП на 2 технологические линии – 7-10% от стоимости комплекса.*

7. *Стоимость проектирования комплекса в целом, разработки документации – 10% от стоимости комплекса.*

8. *Стоимость проведения ремонтно-технического обслуживания и капитальных ремонтов определяется сложностью работ (замена футеровки, системы подачи отходов, замена электродов плазмотронов и т.п.) и может быть оценена в 10 млн.руб. в год.*

Сроки разработки и поставки оборудования и работ

Сроки разработки и поставки газификатора и входящего оборудования оцениваются в 10-12 месяцев (с учетом испытания плазмотронов, футеровки газификатора на месте и т.д.). Сроки разработки и поставки прочих подсистем комплекса для переработки ТБО:

- блок приемки, хранения и подачи отходов в газификатор – 8 месяцев;
- системы очистки, охлаждения, хранения и подготовки синтез-газа – 10 месяцев,
- капитальное строительство – 18 месяцев,
- проектирование комплекса с рабочей документацией – 8-10 месяцев.

Таким образом, полный срок выполнения проекта от начала проектирования до завершения строительства и проведения испытаний составляет 2,5- 3 года.

Спецификация оборудования

Ориентировочные спецификации оборудования, разрабатываемого в рамках проекта приведены выше в разделах 3.3 – 3.4. Точные спецификации могут быть сформулированы только после завершения процесса НИОКР.

Место размещения

Требования к территории

Предполагается, что завод по утилизации ТБО будет расположен на земельном участке, непосредственно прилегающем к существующему полигону ФГУП «УЭВ СО РАН» (см. рис. 2.2. выше). Близость к полигону необходима по следующим основным причинам:

- Вынос потенциально опасных объектов газораспределительной инфраструктуры на территорию зоны отчуждения полигона;
- Снижение затрат на доставку отходов на предприятие при срабатывании запасов ТБО на полигоне;
- Сохранение существующих транспортно-логистических схем доставки ТБО.

Размещение завода потребует выделения участка площадью не менее 20 Га, на котором будут расположены приемно-сортировочный цех, цех газификации, газгольдер и площадка для размещения мусоровозов. На территории, прилегающей к полигону возможно размещение временного накопителя для отходов, срабатываемых на заводе.

Подробные требования к площадке будут сформулированы в процессе НИОКР, однако уже в настоящее время необходимо резервирование соответствующего участка территории.

Инженерная инфраструктура

Важнейшими элементами инженерной инфраструктуры, необходимыми для деятельности завода являются:

- ЛЭП на 10 КВ, необходимая для снабжения электроэнергией плазматронов газификатора, сортировочных установок и прочего оборудования завода;
- Газопровод для передачи синтез-газа на котельную, принадлежащую ФГУП «УЭВ СО РАН»
- Водопровод технической воды, используемой в техпроцессах утилизации ТБО.

Климатические и инженерные условия

Специальные требования к зданиям, сооружениям и объектам распределительной инфраструктуры завода будут определены в процессе НИОКР.

Потребность в кадрах

Реализация проекта приведет к росту занятости на территории Новосибирской области, однако она будет неравномерна на различных этапах его реализации.

Подготовительный этап, фаза НИОКР и СМР (2018-2022 гг.)

В рамках данного этапа будет разработана готовая к серийному производству конструкция роботизированной сортировочной установки и системы плазменной газификации, произведена опытная партия данных устройств, а также построены помещения завода по утилизации мусора и газораспределительной инфраструктуры.

Ожидается, что проведение НИОКР не потребует значительного увеличения штатного расписания выполняющих его организаций – выделение рабочей силы на выполнение данных задач будет произведено путем перераспределения сотрудников внутри соответствующих организаций.

Производство опытной партии сортировочных машин и системы газификации также вряд ли потребует сколько-нибудь существенного увеличения штата на промышленных предприятиях Новосибирска. Проектирование и строительство зданий завода и газораспределительной инфраструктуры будет осуществляться силами специализированных подрядчиков. Принимая во внимание их стабильную незагруженность по причине рецессии в строительной отрасли, а также невысокую сложность проекта, привлечение данных компаний также вряд ли приведет к увеличению спроса на рабочую силу на территории региона.

Описание компетенций команды проекта и её опыта реализации подобных проектов

ИТ СО РАН является одним из ведущих научных центров по теории теплообмена и физической гидрогазодинамики.

Плазменные технологии являются предметом исследований ИТ СО РАН более 40 лет. Созданы надежные и длительно работающие (до 500 часов) электродуговые плазмотроны, высокоэффективные центробежно-барботажные аппараты очистки дымовых газов и приборы их контроля.

Тема проекта является продолжением предыдущих работ.

1. В 2015-2017гг. за 55 млн. руб. по соглашению с Минобрнауки № 14.607.21.0118 от 27.10.2015 созданы экспериментальная плазменная установка на 20 кг/ч, электродуговой плазмотрон мощностью 50 кВт. Есть запатентованные решения (8 российских и 1 евразийский патент).
2. Государственный контракт № 02.438.11.7027 на выполнение научно-исследовательских работ по теме: «Научно-организационное, методическое и техническое обеспечение организации и поддержки научно-образовательных центров в области природоохранных технологий, переработки и утилизации техногенных образований и отходов и осуществление на основе комплексного использования материально-технических и кадровых возможностей совместных исследований и разработок»
3. Государственный контракт № 02.515.И.5010 от 06.03.2007 г. на выполнение научно-исследовательских работ по теме: «Исследование и разработка плазменного электротехнологического оборудования и технологий на их основе для переработки и утилизации техногенных образований и отходов» в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы».
4. Интеграционный проект СО РАН и УрО РАН: Минералы группы силлиманита – новый вид сырья для производства высокоглиноземистых огнеупоров, глинозема, силумина и алюминия (№ 139).

Разработана и изготовлена лабораторная плазменно-дуговая электропечь для получения силикоалюминия.

5. Проект № 2.1.2/4159 и № 2.1.2/11944 на выполнение НИР по теме: «Методы исследования интегральных активных и индуктивных сопротивлений системы произвольно ориентированных токоведущих проводников» в рамках Аналитической ведомственной целевой программы "Развитие научного потенциала высшей школы (2009 - 2011 годы)".

6. Проект европейского сообщества 511086-TEMPUS-1-2010-1-DE-TEMPUS-JPCR «PhD Education in Energy Efficient Electrotechnologies at Russian Universities» (Обучение аспирантов Российских университетов в области энергосберегающих электротехнологий) (на 2010 - 2013 г.г.).

7. Проект на выполнение ОКР по теме: «Плазменная руднотермическая электропечь для производства ферросплавов мощностью 1500 кВт» (2009 – 2010 г.г.).

8. Проект на выполнение ОКР по теме: «Плазменная электропечь для переплава титановой шихты с 6-ю плазмотронами мощностью по 1200 кВт» (2010 г.).

9. Проект на выполнение ОКР по теме: «Плазменная электропечь с жидкими электродами для переработки техногенного сырья» (2009 г.).

Для выполнения работ по автоматической сортировке ТКО ИТ СО РАН имеет следующий научный задел по проекту.

С 2002 по 2015 годы члены коллектива принимали участие в разработке и развитии измерительного комплекса на базе панорамных оптических методов измерения применительно для задач гидроаэромеханики для высокоточной диагностики характеристик однофазных и многофазных течений.

Перечислим некоторые НИР, которые выполнялись членами коллектива по этой теме:

- РФФИ 02-02-08081-инно Разработка и создание опытного образца полевого измерителя скорости жидкости и газа на основе цифровой трассерной визуализации (2002-2003)

- РФФИ 07-08-12254-офи Разработка и создание пилотного образца измерителя полей скорости, температуры и концентрации в потоках, работающего на принципах PIV-LIF (2007-2008)

- гос. контракт № 16.740.11.0091 «Разработка оптических методов дистанционной бесконтактной диагностики одно- и двухфазных газожидкостных потоков» (2010-2012)

- Проект седьмой рамочной программы Европейского союза №265695 AFDAR (Advanced flow diagnostics for aerospace research) (2013-2015)

- гос. контракт № 14.604.21.0162 «Система контроля эффективности и экологичности работы энергетических котлов на основе современных методов машинного обучения» (2017-2018)

В рамках данных работ был создан и измерительный комплекс ПОЛИС на базе набора современных методов диагностики PIV, LIF, PSP и др. и оптоэлектронных технологий с применением светодиодной и лазерной импульсной подсветки, в том числе в стереоскопической и томографической конфигурациях, для трехмерных измерений (видео ролик и разработки, <https://www.youtube.com/watch?v=VonTTEsElak>). Все проекты выполнены на высоком научно-техническом уровне с использованием современных сенсоров изображения высокого разрешения, с использованием сенсоров для высокоскоростной съемки, моторизованных исполнительных устройств на базе линейных и поворотных трансляторов для позиционирования оборудования и проведения пространственной калибровки оптических систем машинного зрения.

Для реализации методов измерения были использованы современные технологии на распознавания образов для определения газовых и жидкостных включений в двухфазных течениях, компьютерного зрения, машинного обучения, в том числе с использованием обучения с подкреплением.

Автоматизированный комплекс диагностики одно- и двухфазных потоков ПОЛИС разработан в ИТ СО РАН под руководством чл.-корр. РАН Марковича Д.М. В 2015 году за эту разработку была получена премия Правительства РФ в области науки и техники (Маркович Д.М.). В настоящее время изготавливается и реализуется промышленным партнером ООО «Сигма-Про» (www.polisinstruments.ru). Компания является единственным в России производителем аналогичного оборудования и занимает более 50% российского рынка.

Коллективом выполнялись следующие НИОКР близкие к теме проекта:

- НИОКР «Разработка, изготовление, монтаж, пуско-наладка системы бесконтактного измерения малых перемещений», для ФГУП СИБНИИ им. С.А. Чаплыгина, (2013)
- НИОКР «Разработка проектной и технологической документации и испытания аппаратно- программного комплекса для лазерной диагностики аэрогазодинамических процессов в ультрафиолетовом, видимом инфракрасном диапазонах спектра» в рамках программы Роскосмоса «Исследования и разработка предложений по совершенствованию организационной, технической и нормативно-методической базы метрологического обеспечения БРТ и РКТ» (2014-2015)
- НИОКР «Разработка математических алгоритмов и создание научно-технического задела для опытного образца системы бесконтактного измерения геометрических параметров сопла», для ОКБ им. А.М. Люльки (2017)
- НИОКР «Разработка опытного образца многофункционального энергетического комплекса для переработки высоковлажных отходов сельского хозяйства в тепло и энергоносители» (2016)

Материально-техническая база ИТ СО РАН для выполнения НИР

- Высокопроизводительная рабочая станция с графическим процессором, поддерживающим технологию CUDA.
- Цифровые камеры с набором оптических фильтров.
- Система машинного 3D зрения.
- Дельта-робот, управляемый программируемым микроконтроллером.
- Система захвата объектов механического или пневматического действия.
- Макет линии подачи и сортировки ТБО (испытательная линия).

В распоряжении ИТ СО РАН имеются необходимые вычислительные средства для решения задач машинного зрения, в том числе современные многоядерные серверы на базе процессоров Intel Xeon с профессиональными графическими процессорами Nvidia. Также в ИТ СО РАН имеется широкий ряд цифровых камер (от миниатюризированных промышленных камер до высокоскоростных камер научного класса), которые будут использоваться для отработки методики регистрации и классификации ТБО при помощи методов машинного зрения и разработке способов позиционирования манипуляторов робота-сортировщика.

При необходимости изготовления единичных экземпляров механических изделий (элементов монтажа робота, датчиков и регистраторов, частей макета линии подачи ТБО) планируется использование собственного экспериментального цеха ИТ СО РАН а также привлечение ресурсов центра технологического обеспечения (ЦТО) Технопарка Новосибирского Академгородка.

Приобретение дельта-робота, управляемого программируемым микроконтроллером (предварительно – робота серии M-2iA компании FANUC или аналогичного) и создание макета линии подачи и сортировки ТБО на территории исполнителя предполагается осуществить в ходе выполнения проекта с привлечением средств промышленного партнера.

Коллектив ключевых исполнителей

Коллектив ключевых исполнителей состоит из 24 сотрудников, руководитель проекта - чл.-корр. РАН Маркович Д.М., специалист в области моделирования и диагностики сложных многофазных течений, в коллективе исполнителей присутствуют научные сотрудники, программисты, инженеры. Высокая квалификация подтверждается рядом наград и премий, полученных авторами проекта, в числе которых премия Правительства Российской Федерации в области науки и техники для молодых ученых (в 2017 г.) за разработку и внедрение оптических систем регистрации параметров рабочих процессов для повышения эффективности энергетических технологий и премия Правительства Российской Федерации в области науки и техники (руководитель проекта, 2015 г.).

В рамках НИР будет разработана базовая технология автоматизированной сортировки на основе распознавания образов, лежащая в основе широкого спектра сортировочного оборудования, комплект алгоритмов и программного обеспечения, позволяющих управлять работой роботизированного комплекса; комплект эскизной документации на аппаратные части комплекса; конструкторская документация с literой "О". Будет собран и испытан опытный образец автоматизированной системы сортировки мусора, предназначенной для разделения потока несортированных ТБО по фракциям. По результатам проведения НИОКР будут защищены следующие патентоспособные технические решения и иные объекты интеллектуальной собственности:

Конструкция автоматизированной сортировочной системы для ТБО, Патент на полезную модель,

Конструкция захвата дельта-робота для сортировки ТБО, Патент на полезную модель,

ПО распознавания образов, Программа для ЭВМ,

Управляющее ПО сортировочной установки, Программа для ЭВМ,

АСУ ТП сортировочной системы, Программа для ЭВМ,

Этап оказания услуг по утилизации ТБО (начиная с 2022 года)

Деятельность завода по плазменной утилизации ТБО потребует привлечения значительного количества работников, прежде всего, по причине его трехсменной работы. При этом, принимая во внимание новизну и высокий уровень сложности оборудования завода, уровень оплаты труда на новых рабочих местах будет существенно превышать средний по области.

Таблица 5.1. Персонал завода и ежемесячные затраты на оплату его труда (тыс. руб.)

№	Наименование позиции	Кол-во	З/плата	ИТОГО
	АУП			
1	Директор завода	1	120	120
2	Главный бухгалтер	1	60	60
3	Главный инженер	1	90	90
4	Главный энергетик	1	90	90
5	ИТОГО АУП	4		360
	Цех приема и сортировки ТБО			
6	Оператор системы сортировки	6	75	450
7	Подсобный рабочий	6	40	240
8	Слесарь-наладчик	2	60	120
9	ИТОГО персонал цеха	12		810
	Цех газификации			
10	Оператор системы газификации	24	50	1 200
11	Слесарь-наладчик	6	50	300
12	Электрик	6	60	360
13	Подсобный рабочий	6	40	240
14	ИТОГО персонал цеха	42		2 100
15	ИТОГО по всему предприятию	58		3 270

16	НДФЛ			425
17	Страховые отчисления			1 109
18	ИТОГО затраты на персонал			4 804

Последующие этапы (начиная с 2024 года)

В случае организации на территории Новосибирска серийного производства систем сортировки и газификации ТБО для оснащения вновь создаваемых на территории РФ заводов по утилизации мусора, потребность в кадрах резко вырастет. Всего предполагается рост занятости в следующих сегментах рынка:

Разработчики ПО, систем АСУТП и промышленных роботов

Средний уровень оплаты труда (на начало 2018 г.) – 120 тыс. руб.

Вновь создаваемые рабочие места – не менее 20 на начальном этапе с перспективой увеличения до 50.

Серийное производство систем роботизированной сортировки, а также полнокомплектных заводов по утилизации ТБО потребует постоянного совершенствования как управляющего ПО установок (системы распознавания образов, системы управления роботами), так и АСУТП, управляющих всем техпроцессом утилизации на заводе. Предполагается, что на начальном этапе потребность в данном персонале составит не менее 20 чел.

Разработчики систем плазменной газификации

Средний уровень оплаты труда (на начало 2018 г.) – 100 тыс. руб.

Средний уровень оплаты труда (на начало 2018 г.) – 100 тыс. руб.

Вновь создаваемые рабочие места – не менее 20 на начальном этапе с перспективой увеличения пропорционально росту спроса.

Внедрение систем плазменной утилизации потребует как разработки линейки установок газификации различных мощностей, так и проектирования полнокомплектных заводов, включающих различные методы переработки производимого синтез-газа (см. раздел 3 выше). Предполагается, что данная деятельность будет полностью передана из ИТ СО РАН в специализированную компанию, инженерно-технический персонал которой составит не менее 20 человек, с перспективой роста пропорционально росту объемов производства установок.

Персонал на предприятиях, занятых изготовлением оборудования

Средний уровень оплаты труда ИТР (на начало 2018 г.) – 80 тыс. руб.

Средний уровень оплаты труда производственного персонала (на начало 2018 г.) – 50 тыс. руб.

Вновь создаваемые рабочие места ИТР – не менее 10 на начальном этапе с перспективой увеличения пропорционально росту спроса.

Вновь создаваемые рабочие места ИТР – не менее 30 на начальном этапе с перспективой увеличения пропорционально росту спроса.

Организация серийного производства систем сортировки и газификации ТБО потребует увеличения занятости на промышленных предприятиях г. Новосибирска. Потребность в персонале будет полностью определяться уровнем спроса на продукцию, однако в настоящее время понятно, что ежегодное производство оборудования с мощностью около 100 тыс. тонн в год потребует дополнительных 30-40 штатных единиц.

Прочий персонал

Средний уровень оплаты труда (на начало 2018 г.) – 60-80 тыс. руб.

Вновь создаваемые рабочие места – не менее 20

Внедрение оборудования по утилизации ТБО на предприятиях РФ потребует набора специалистов по шеф-монтажу и запуску оборудования в работу. Потребность в

персонале подобного вида оценивается в ~20 человек (при ежегодном запуске одного завода мощностью 100 тыс. тонн в год)

Финансовый план проекта

Затраты на подготовку проекта

Затраты на подготовку проекта представлены расходами, связанными с проведением предварительных НИР, связанных с разработкой конструкции системы роботизированной сортировки, и системы плазменной газификации. Результатом работ станут готовые к промышленному производству на предприятиях г. Новосибирска конструкции устройств. Затраты по данной статье приведены ниже в таблице 7.1.

Таблица 7.1. Затраты на НИР в рамках проекта (млн. руб.)

№	Наименование	2018	2019	2020	ИТОГО
1	Автоматизированная сортировка	40	40	40	120

Капитальные вложения по проекту

Капитальные вложения по проекту представлены двумя основными направлениями расходования средств – строительно-монтажными работами и затратами на производство оборудования завода по утилизации ТКО.

Строительно-монтажные работы начнутся на завершающей стадии НИОКР, когда будут понятны основные эксплуатационные параметры создаваемого оборудования. Предполагается, что стадия проектирования из-за новизны оборудования и техпроцесса, а также необходимости проработки достаточно сложной распределительной инфраструктуры, включающей газопровод и газгольдер, продлится около двух лет и будет достаточно дорогой. За счет параллельного выполнения работ строительство будет завершено в течение года.

Таблица 7.2. СМР в рамках проекта (млн. руб.)

№	Наименование	2020	2021	2022	ИТОГО
1	Проектирование комплекса	60	60	0	120
3	Получение разрешений	2	2	2	6
4	Строительство и оборудование зданий	50	50	9	109
5	Строительство газопровода	10	10	10	30
6	Строительство газгольдера и других объектов	10	10		20
7	Монтаж оборудования	5	5	5	15
8	ИТОГО	137	137	26	300

Изготовление оборудования начнется после завершения стадии НИОКР на предприятиях г. Новосибирска под контролем и при активном участии разработчиков. Предполагается, что в это время будет отработана конструкция системы роботизированной сортировки и плазменной газификации так, чтобы в дальнейшем выйти на серийное производство данной техники для оснащения российских мусороперерабатывающих заводов. Кроме того, в этот же период будет доработан водогрейный котёл на котельной ФГУП «УЭВ СО РАН» с целью обеспечения возможности сжигания в нём синтез-газа.

Таблица 7.3. Затраты на разработку и закупку оборудования в рамках проекта (млн. руб.)

№	Наименование статьи	2020	2021	2022
1	Система автоматизированной сортировки	100	80	10
2	Система плазменной газификации	600	80	20
3	Дооборудование котельной для сжигания синтез-газа	5	5	0
4	ИТОГО	705	165	30

Финансирование проекта: источники и структура финансирования

Общая потребность проекта в инвестициях оценивается в 1, 520 млрд. рублей (см. таблицу 7.4. ниже). Выбор источника его финансирования в значительной степени определяется возможностью увеличения тарифа – при невозможности существенного его повышения привлечение средств на условиях, сколько-нибудь близких к среднерыночным невозможно.

Таблица 7.4. Потребность в инвестициях по годам реализации проекта (млн. руб.)

№	Наименование	2018	2019	2020	2021	2022	ИТОГО
1	НИР	40	40	40	0	0	120
2	Промышленные образцы, Оборудование завода	0	0	705	165	30	900
3	СМР	0	0	137	137	26	300
4	ИТОГО	40	40	882	302	56	1320

Затраты на НИР на 50% покрыты за счет участия разработчика в государственных программах поддержки НИОКР. Остальные статьи, по всей видимости, потребуют сочетания нескольких типов источников финансирования – льготных кредитов и безвозвратных субсидий, направленных на создание производства российского оборудования для утилизации ТБО.

Доходы проекта

Выручка завода по утилизации ТБО формируется из трех основных источников: поступлений от продажи извлеченного из мусора вторичного сырья, выручки от продажи синтез-газа на котельную, а также тарифа на утилизацию ТБО, взимаемого с населения.

Поступления от реализации вторичного сырья

В данном расчете делается предположение, что разрабатываемая роботизированная сортировочная система будет извлекать из потока ТБО повторно используемые фракции, как минимум, с той же эффективностью, что и люди-сортировщики. В качестве источника данных об объемах и цене вторресурсов используется информация, полученная от ООО "ЭкоЛэнд" (г.Новокузнецк) – оператора крупнейшего в регионе мусоросортировочного завода. При выходе на плановые объемы утилизации – 50 тыс. тонн ТБО в год, завод сможет получать не менее 33,6 млн. рублей в год от утилизации вторичного сырья (см. таблицу 7.5 ниже).

Таблица 7.5. Декомпозиция плановой выручки от продажи вторсырья при выходе на плановые объемы утилизации ТБО

№	Наименование фракции	% выхода	Выход, тонн	Цена за тонну, руб.	Выручка, тыс. руб.
1	МС7Б (макулатура)	0,79	395	2 000	790
2	МС5Б (картон)	1,00	1 020	4 000	4 080

№	Наименование фракции	% выхода	Выход, тонн	Цена за тонну, руб.	Выручка, тыс. руб.
3	Пластик лом	0,82	125	15 000	1 875
4	ПЭТ-светлый	2,04	540	20 000	10 800
5	ПЭТ-темный	0,33	165	15 000	2 475
6	ПВД	0,91	500	10 000	5 000
7	ПНД	0,25	410	10 000	4 100
8	Черный металлолом	0,05	455	5 000	2 275
9	Цветной металлолом	0,08	40	25 000	1 000
10	Алюминиевая банка	0,79	25	50 000	1 250
11	ИТОГО	7,06	3 675		33 645

Реальная выручка при использовании роботизированной техники может быть выше, прежде всего, за счет её более высокого быстродействия и возможности применения современных сенсоров, способных более эффективно выделять отдельные фракции.

Поступления от продажи синтез-газа

Предполагается, что производимый заводом синтез-газ будет реализовываться на котельную ФГУП «УЭВ СО РАН» по цене основанной на цене природного газа и пропорциональной теплотворной способности.

На первой стадии переработки ТБО – сортировке из входящего потока в 50 тыс. тонн в год извлекается 3 675 тонн вторсырья, соответственно на газификацию подаётся 46 325 тонн отходов. Плазменный газификатор производит 1,3 м³ синтез-газа из 1 кг ТБО, таким образом, годовая выработка синтез-газа составляет 60,22 тыс. м³.

1 м³ СН₄ (природного газа) имеет теплотворную способность равную 7 900 Ккал и поступает на котельную по цене 4 000 руб.

1 м³ СО+Н₂ (синтез-газа) имеет теплотворную способность равную 2 800 Ккал и, соответственно должен реализовываться на котельную по цене 1 420 руб.

Таким образом, при выходе на плановые объемы утилизации, годовая выручка от реализации синтез-газа составит 85,38 млн. руб.

Выручка от тарифа на утилизацию ТБО

Как уже говорилось выше, тариф на утилизацию ТБО (не включающий затраты на его сбор и доставку до завода) является важнейшим элементом выручки предприятия, в наибольшей степени способным влиять на финансовое состояние завода. В таблице 7.6 ниже приведена оценка трех компонентов выручки при различных уровнях тарифа и их доля в общей сумме.

Таблица 7.6. Компоненты выручки и их доля при различных значениях тарифа на утилизацию ТБО (млн. руб.)

№	Наименование	0,376	0,500	0,750	0,884	1,250	1,500	1,750	2,000	2,500
1	Вторсырьё	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6
2	Синтез-газ	85,4	85,4	85,4	85,4	85,4	85,4	85,4	85,4	85,4
3	Тариф	75,2	100,0	150,0	176,7	250,0	300,0	350,0	400,0	500,0
4	ИТОГО выручка	194,2	219,0	269,0	295,7	369,0	419,0	469,0	519,0	619,0
5	Вторсырьё	17%	15%	13%	11%	9%	8%	7%	6%	5%
6	Синтез-газ	44%	39%	32%	29%	23%	20%	18%	16%	14%
7	Тариф	39%	46%	56%	60%	68%	72%	75%	77%	81%

8	ИТОГО доли	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
---	------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Как видно из таблицы выше, при операционной окупаемости (тариф равный ~884 руб. за тонну ТБО), доля поступлений от тарифа составляет не менее 60% от общей выручки предприятия.

Операционные расходы завода по утилизации ТБО

По причине использования энергоёмкой технологии плазменной газификации, важнейшей статьёй операционных расходов завода является электроэнергия, используемая для питания плазматронов. Остальные статьи представлены оплатой труда и затратами на обслуживание оборудования и замену его изнашиваемых частей (см. таблицу 7.7 ниже).

Таблица 7.7. Операционные расходы при выходе на проектную мощность (млн. руб.)

№	Наименование	Сортировка	Газификация	АУП	ИТОГО	Доля
1	Заработная плата	9 720	25 200	4 320	39 240	15,4%
2	НДФЛ	1 264	3 276	562	5 101	2,0%
3	Страховые отчисления	3 295	8 543	1 464	13 302	5,2%
4	Обслуживание оборудования	12 000	24 000		36 000	14,2%
5	Электричество	3 000	92 650		95 650	37,6%
6	Прочие текущие расходы	14 000		4 000	15 000	5,9%
7	Амортизация	15 000	35 000		50 000	19,7%
8	ИТОГО	58 279	188 669	10 346	254 294	100%

Налогообложение завода и платежи в бюджеты разных уровней

Объем налоговых поступлений, формируемых заводом, в значительной степени зависит от выручки и, соответственно, тарифа на утилизацию ТБО на заводе, т.к. именно он в наибольшей степени влияет на неё. В таблице 7.8 ниже приведена оценка основных видов налоговых платежей, формируемых заводом, в зависимости от установленного уровня тарифа, а также их распределение по уровням бюджета – федерального или субъекта федерации – Новосибирской области.

Таблица 7.8. Налогообложение завода в зависимости от уровня тарифа (млн. руб.)

№	Наименование	0,376	0,500	0,750	0,884	1,250	1,500	1,750	2,000	2,500
1	НДФЛ	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	Страхование	13	13	13	13	13	13	13	13	13
3	НДС	7	11	19	23	34	42	49	57	72
4	Налог на имущество	19	19	19	19	19	19	19	19	19
5	Налог на прибыль	0	0	0	0	12	21	29	38	55
6	ИТОГО налогообложение	44	48	56	60	83	100	116	132	164
7	в т.ч. в фед. бюджет	21	25	33	37	50	59	68	77	94
8	в т.ч. в конс. бюджет НСО	23	23	23	23	34	41	48	55	70
9	Требуемая субсидия	-86	-65	-23	0	0	0	0	0	0
10	Чистый эффект для НСО	-63	-42	0	23	34	41	48	55	70

Как видно из строк 9 и 10 таблицы выше, пороговым уровнем тарифа для бюджета Новосибирской области является 750 руб. за тонну утилизированного на заводе ТБО. При тарифе ниже данного значения, завод убыточен для бюджета НСО при субсидировании его из областного бюджета, выше – прибылен.

Финансовые результаты проекта

Проект строительства завода по утилизации ТБО делится на основные стадии, отличающиеся структурой денежных потоков (см. ниже в таблице 7.9, приведен расчет для тарифа 1500 рублей за тонну ТБО):

1. подготовительную стадию, когда операционная деятельность не ведётся, а денежные потоки представлены вложениями в разработку и производство оборудования, а также строительство инфраструктуры завода;
2. стадию оказания услуг, когда завод оказывает утилизирует ТБО, а денежные потоки представлены выручкой от тарифа и реализации вторсырья и синтез-газ

Таблица 7.9. График денежных потоков проекта в 2018-2026 гг для тарифа 1500 руб. за тонну ТБО (млн. руб.)

№	Наименование статьи	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Операционная деятельность										
1	Поступления по операционной деятельности, в том числе:						419	419	419	419
2	Вторсырьё						34	34	34	34
3	Синтез-газ						85	85	85	85
4	Тариф						300	300	300	300
5	Платежи по операционной деятельности, в том числе						335	335	335	335
6	Заработная плата						39	39	39	39
7	Обслуживание оборудования						36	36	36	36
8	Электроэнергия						96	96	96	96
9	Прочие текущие расходы						15	15	15	15
10	Амортизация						50	50	50	50
11	Налоги и сборы						100	100	100	100
12	Чистый денежный поток от операционной деятельности						84	84	84	84
Инвестиционная деятельность										
13	Поступления от инвестиционной деятельности, в том числе:									
14	Платежи по инвестиционной деятельности, в том числе:									
15	Приобретение основных средств и нематериальных активов	20	25	50	872	65				
16	Здания и сооружения	0	0	10	17	65				
17	Оборудование	0	0	0	855	0				
18	Нематериальные активы	20	25	40	0	0				
19	Чистый денежный поток от инвестиционной деятельности	-20	-25	-50	-872	-65	0	0	0	0
Финансовая деятельность										
20	Поступления от финансовой деятельности, в том числе:	20	25	50	872	65				
21	Целевое финансирование	20	25	40						
22	Прочие источники			10	872	65				
23	Платежи по финансовой деятельности, в том числе:									
24	Чистый денежный поток от финансовой деятельности	20	25	50	872	65	0	0	0	0
25	Остаток денежных средств на начало периода	0	0	0	0	0	0	84	167	251
26	Остаток денежных средств на конец периода	0	0	0	0	0	84	167	251	334

Таблица 7.9. График денежных потоков проекта в 2027-2036 гг для тарифа 1500 руб. за тонну ТБО (млн. руб.)

№	Наименование статьи	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Операционная деятельность											
1	Поступления по операционной деятельности, в том числе:	419	419	419	419	419	419	419	419	419	419
2	Вторсырьё	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
3	Синтез-газ	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
4	Тариф	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
5	Платежи по операционной деятельности, в том числе	335	335	335	335	335	335	335	335	335	335
6	Заработная плата	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
7	Обслуживание оборудования	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
8	Электроэнергия	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96
9	Прочие текущие расходы	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
10	Амортизация	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
11	Налоги и сборы	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12	Чистый денежный поток от операционной деятельности	84	84	84	84	84	84	84	84	84	84
Инвестиционная деятельность											
13	Поступления от инвестиционной деятельности, в том числе:										
14	Платежи по инвестиционной деятельности, в том числе:										
15	Приобретение основных средств и нематериальных активов										
16	Здания и сооружения										
17	Оборудование										
18	Нематериальные активы										
19	Чистый денежный поток от инвестиционной деятельности	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Финансовая деятельность											
20	Поступления от финансовой деятельности, в том числе:										
21	Целевое финансирование										
22	Прочие источники										
23	Платежи по финансовой деятельности, в том числе:										
24	Чистый денежный поток от финансовой деятельности	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	Остаток денежных средств на начало периода	334	418	502	585	669	752	836	919	1003	1087
26	Остаток денежных средств на конец периода	418	502	585	669	752	836	919	1003	1087	1170

Оценка финансовых результатов проекта приведена ниже в таблице 7.10. Показатели финансовой эффективности рассчитаны на 10-летнем горизонте при коэффициенте дисконтирования 7,5% годовых. В положительном денежном потоке учтена только чистая прибыль, без амортизационных отчислений и без использования каких-либо льготных режимов налогообложения. Результаты расчета показывают, что проект вряд ли может быть профинансирован из каких-либо коммерческих источников без значительного увеличения тарифа на утилизацию ТБО.

Таблица 7.10. Чистая прибыль и коэффициенты финансовой эффективности проекта в зависимости от тарифа на утилизацию ТБО

№	Наименование	0,375	0,500	0,750	0,884	1,250	1,500	1,750	2,000	2,500
1	Чистая прибыль, млн. руб. в год	-86,03	-65,01	-22,64	0,00	49,69	84,00	117,48	151,38	219,17
2	NPV, млн. руб.	-1 327	-1 193	-923	-779	-462	-246	-31	185	617
3	IRR, % годовых	<0%	<0%	<0%	<0%	<0%	2,83%	6,97%	10,46%	16,33%
4	PBP, лет	нет	нет	нет	нет	22	18	14	12	10

Производственный план проекта

Опытно-промышленная партия устройств роботизированной сортировки, а также опытно-промышленный образец системы плазменной газификации мощностью 50 тыс. тонн ТБО в год будут произведены в 2021 году по завершении этапа НИОКР. В случае интереса потенциальных потребителей к данному оборудованию, возможна организация его серийного производства.

Пригодные к серийному производству конструкции могут быть разработаны уже к 2022-2023 году, после чего может начаться мало- и среднесерийное производство устройств. Предполагается, что завод будет ориентироваться на вновь создаваемые на территории РФ заводы по утилизации ТБО, а также на дооборудование существующих заводов системами автоматизированной сортировки.

Производственный план проекта приведен ниже в таблице 8.1. Системы роботизированной сортировки будут выпускаться в существенно большем, чем устройства плазменной газификации количестве, так как спрос на них ожидается гораздо более активным по причине уникальности данной продукции для российского рынка и наличии явных экономических преимуществ перед ручной сортировкой.

Таблица 8.1. Производственный план проекта (указана производительность выпущенного оборудования в тыс. тонн в год)

№	Наименование	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
1	Системы роботизированной сортировки	50	0	100	300	500	750	900	1200
2	Линии плазменной газификации	50	0	100	100	200	200	300	400

Финансово-экономическая и экологическая оценка проекта

Как уже говорилось в разделе 7 выше, проект строительства завода по утилизации ТБО может быть операционно окупаемым, однако вряд ли он сможет стать объектом коммерческих вложений без резкого (в 6-8 раз) роста тарифов, что приведет к существенному социальному напряжению. В связи с этим, проект можно рассматривать как первый шаг к созданию в Новосибирской области производства систем сортировки и утилизации ТБО полного цикла, а в качестве источника его финансирования – льготные кредиты или бюджетные субсидии.

Ликвидация существующего полигона ФГУП «УЭВ СО РАН», рядом с которым будет построен завод, может существенно улучшить экологическую ситуацию в данной части Советского района и, потенциально, повысить стоимость близлежащих участков земли, в т.ч. для размещения производственных и/или логистических объектов. Однако, срабатывание полигона, даже при наличии резерва производительности завода, не может быть проведено без оплаты данной деятельности, либо пропорционального увеличения тарифа. Сортировка получаемого с полигона ТБО будет затруднительна, либо совсем невозможна по причине его

существенной декомпозиции. В связи с этим, извлекаемый мусор будет поступать непосредственно на газификацию, что приведет к снижению поступлений от реализации извлеченного вторсырья.

Денежные потоки при такой организации работы завода приведены ниже в таблице 9.1. Предполагается, что завод принимает 40 тыс. тонн «новых» ТБО в год, за которые уплачивается тариф за утилизацию. Кроме того, за свой счет завод принимает по 10 тыс. тонн ТБО в год с существующего полигона без сортировки, напрямую перерабатывая его в синтез-газ.

Таблица 9.1 Денежные потоки при срабатывании полигона «без оплаты» при различных уровнях тарифа за утилизацию «новых» ТБО (млн. руб.)

№	Наименование	0,376	0,500	0,750	0,884	1,149	1,250	1,500	1,750	2,000
1	Чистая прибыль в год	-105	-88	-54	-36	0	11	38	65	93
2	NPV	-1445	-1338	-1122	-1006	-777	-708	-535	-362	-190
3	IRR								0,14%	4,00%
4	PBP								21	17
5	Вторсырьё	27	27	27	27	27	27	27	27	27
6	Синтез-газ	87	87	87	87	87	87	87	87	87
7	Тариф	60	80	120	141	184	200	240	280	320
8	ИТОГО выручка	174	194	234	255	297	314	354	394	434
9	Заработная плата	39	39	39	39	39	39	39	39	39
10	Обслуживание оборудования	36	36	36	36	36	36	36	36	36
11	Электроэнергия	97	97	97	97	97	97	97	97	97
12	Прочие текущие расходы	15	15	15	15	15	15	15	15	15
13	Амортизация	50	50	50	50	50	50	50	50	50
14	Налоги и сборы	41	44	50	53	60	65	78	91	104
15	ИТОГО затраты	278	281	288	291	297	303	315	328	341
16	НДФЛ	5	5	5	5	5	5	5	5	5
17	Страхование	13	13	13	13	13	13	13	13	13
18	НДС	4	7	13	16	23	25	31	37	44
19	Налог на имущество	19	19	19	19	19	19	19	19	19
20	Налог на прибыль	0	0	0	0	0	3	10	16	23
21	ИТОГО поступлений в бюджет	41	44	50	53	60	65	78	91	104
22	в т.ч. в фед. бюджет	18	88	54	36	0	0	0	0	0
23	в т.ч. в конс. бюджет НСО	23	-44	-4	18	60	65	78	91	104
24	Требуемая субсидия	-105	-88	-54	-36	0	11	38	65	93
25	Чистый эффект для НСО	-82	-131	-58	-18	60	76	116	156	196

Как видно из таблицы выше, операционная окупаемость предприятия наступает при тарифе (1149 руб. за тонну) , большем на ~30%, чем граничный тариф при полной оплате всего утилизируемого ТБО (884 руб. за тонну). При этом показатели финансовой эффективности завода сильно ухудшаются.

Основные выводы

Являясь первым шагом в создании на территории г. Новосибирска полномасштабного производства оборудования для обращения с отходами, экспериментальный завод по утилизации ТБО на территории Советского района чрезвычайно важен для успеха проекта. Помимо основной функции – утилизации образующегося на территории Академгородка и р.п. Кольцово мусора, он будет использоваться, как площадка для отработки новых технических решений систем обращения с отходами, испытания новых конструкций и получения данных о реальной эксплуатационной надежности и себестоимости работы оборудования.

Относительно невысокая производительность завода вряд ли позволит его финансирование, как чисто коммерческого проекта. Скорее, его стоит рассматривать, как первый шаг, стимулирующий появление на территории региона новых производственных предприятий и финансировать как проект развития, с соответствующими инструментами (субсидии, гранты) и ставками (существенно ниже среднерыночных).

Вместе с тем, операционная деятельность завода, несмотря на его небольшую производительность, при правильной тарифной политике, может быть, как минимум, не убыточной для бюджета области. Более того, завод может постепенно срабатывать существующий полигон для утилизации ТБО, улучшая экологическую ситуацию в регионе. Однако, для этого необходимо выполнение ряда условий, большинство из которых никогда ранее в Новосибирской области не выполнялись:

- Повышение тарифа на утилизацию мусора (без учета доставки ТБО) в 4-5 раз необходимо, иначе завод потребует постоянного бюджетного субсидирования для покрытия операционного убытка.
- Реализация синтез-газа важна для окупаемости проекта, в связи с чем очень важна административная поддержка проекта по его поставке на котельную ФГУП «УЭВ СО РАН».
- Необходима проработка механизма ценообразования на синтез-газ, а также схемы его поставки на котельную ФГУП «УЭВ СО РАН» и взаиморасчетов между сторонами. По всей видимости, это потребует согласования интересов нескольких сторон, что возможно только при активной поддержке региональных органов власти.
- Срабатывание отходов с существующей свалки ФГУП «УЭВ СО РАН» возможно только при субсидировании этой деятельности или достаточно высоком тарифе на утилизацию «новых» ТБО.
- Проект будет представлять интерес для коммерческих вложений только при достаточно высоком (>1 750 руб. за тонну) тарифе на утилизацию (без учета доставки) ТБО.

Наибольший положительный эффект для регионального бюджета принесет не данный, довольно небольшой проект, а создание в г. Новосибирске полномасштабного производства техники для утилизации ТБО.

2. Описание потенциальных ограничений для успешной реализации проекта.

2.1 Экономическая оценка проекта

Важнейшим фактором, определяющим экономическую эффективность проекта строительства завода по переработке ТКО, является выручка завода после выхода его на проектную мощность. Развернутая оценка инвестиций, финансовых результатов и коэффициентов финансовой эффективности приведена в разделе 7 ниже.

Выручка создаваемого предприятия по утилизации ТКО формируется из трех основных источников:

1. Выручка от реализации извлеченного из ТКО вторичного сырья. Количество извлекаемого вторсырья и стоимость каждой из его фракций определяются составом ТКО в регионе и соотношением спроса и предложения на фракции. Предприятие не имеет возможности влиять ни на один из данных параметров, в связи с чем в данном расчете выручка при выходе предприятия на максимальную мощность оценивается в 33,46 млн. руб. в год. Выручка от продажи синтез-газа на котельную ФГУП «УЭВ СО РАН». В данном расчете предполагается, что цена синтез-газа определяется на основе цены природного газа со скидкой, пропорциональной его теплотворной способности. В связи с тем, что предприятие не способно влиять ни на цену природного газа ни на производительность процесса плазменной газификации, выручка от реализации синтез-газа при выходе предприятия на максимальную мощность оценивается в 85,37 млн. руб. в год (более подробный расчет – см. раздел 7.4. ниже).
2. Выручка от тарифа за утилизацию ТКО. В отличие от двух вышеописанных источников формирования выручки, в рамках концессии на утилизацию ТКО в Советском районе г.

Новосибирска возможно изменение тарифа в относительно широких пределах так, чтобы обеспечить достаточный, как минимум, для операционной окупаемости объем выручки предприятия. В связи с этим, в данном расчете оценивается выручка и чистая прибыль завода при различном уровне тарифов на утилизацию ТКО на заводе (важно отметить, что данный тариф не включает затраты на сбор и доставку мусора до завода).

В таблице 2.5 ниже приведена оценка финансовых результатов деятельности предприятия по итогам года, а в таблице 2.6 - основных коэффициентов финансовой эффективности проекта в зависимости от уровня тарифа на утилизацию ТКО, измеряемого в тысячах рублей за тонну.

Таблица 2.5. Финансовые результаты проекта по итогам года работы на плановой мощности в зависимости от тарифа на утилизацию ТКО (млн. руб. в год)

№	Наименование	0,375	0,500	0,750	0,884	1,250	1,500	1,750	2,000	2,500
1	Вторсырьё	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6
2	Синтез-газ	85,4	85,4	85,4	85,4	85,4	85,4	85,4	85,4	85,4
3	Тариф	37,6	75,2	100,0	150,0	176,7	250,0	300,0	350,0	400,0
4	ИТОГО выручка	156,6	194,2	219,0	269,0	295,7	369,0	419,0	469,0	519,0
5	Заработная плата	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2
6	Обслуживание оборудов.	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0	36,0
7	Электроэнергия	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7	95,7
8	Прочие текущие расходы	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
9	Амортизация	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
10	Налоги и сборы	38,6	44,4	48,1	55,8	59,8	83,4	99,5	115,7	131,8
11	ИТОГО затраты	274,5	280,3	284,0	291,7	295,7	319,3	335,4	351,5	367,6
12	Чистая прибыль	-118	-86	-65	-23	0	50	84	117	151
13	Бюджетный эффект	-79,3	-41,7	-16,9	33,1	59,8	83,4	99,5	115,7	131,8

Как видно из строки 13 таблицы выше, проект приносит убыток для консолидированного бюджета РФ вплоть до тарифа в 500 руб. за тонну ТБО, т.к. операционный убыток завода будет требовать финансирования, единственным источником которого может быть гос. бюджет. При тарифе в 750 руб. за тонну, фактически убыточный завод может быть прибылен для бюджета за счет превышения налоговых поступлений от него над операционным убытком.

Пороговым для операционной окупаемости уровнем тарифа является 883,56 руб. за тонну утилизируемого на заводе ТБО, при превышении которого проект становится устойчиво прибыльным и не требует каких-либо субсидий или льгот для работы.

Таблица 2.6. Коэффициенты финансовой эффективности проекта при постоянной работе завода на плановой мощности в зависимости от тарифа на утилизацию ТКО

№	Наименование	0,375	0,500	0,750	0,884	1,250	1,500	1,750	2,000	2,500
1	NPV, млн. руб.	-1 327	-1 193	-923	-779	-462	-246	-31	185	617
2	IRR, % годовых	<0%	<0%	<0%	<0%	<0%	2,83%	6,97%	10,46%	16,33%
3	PBP, лет	нет	нет	нет	нет	22	18	14	12	10

Учитывая затраты на НИОКР, СМР и производство оборудования, проект становится экономически выгодным при тарифе, превышающем 1800 рублей за тонну утилизируемого ТКО (чистая приведенная стоимость рассчитывается при ставке, равной ставке рефинансирования – 7,25% в год на горизонте в 20 лет). Некоторые коммерческие перспективы у проекта появляются при тарифе, превышающем 2500 руб. за тонну утилизируемого ТКО, что, вероятно, невозможно в сложившихся в регионе в настоящее время условиях.

2.4 Патентные исследования

Патентные исследования по плазменной газификации проведены (могут быть предоставлены). В результате выполненного патентного исследования определено, что наибольшее развитие исследования в области сжигания ТКО получили в Европе и Китае. В России это направление почти не развивается, США уже имеют значительное количество технологий и сокращают научно-исследовательские работы в этой области. Судя по динамике патентования, оборудование для сжигания ТКО в перспективе будет, в основном, европейского и китайского производства.

Выводы подтверждаются данными о производстве современного оборудования и строительстве многочисленных предприятий для термической утилизации ТКО в США, Китае и европейских странах. В России примеры строительства таких предприятий единичны, и строятся они по зарубежным технологиям с использованием преимущественно импортного (европейского) оборудования.

2.5 Оценка рисков и мероприятия по их ограничению

В связи с тем, что проект предполагает существенную долю НИОКР, а также ориентирован на сферу коммунального обслуживания населения, основными риск-факторами являются технические и финансовые.

Научно - технический риск

Невозможность разработать оборудование с требуемыми показателями производительности или себестоимости в установленное в плане работ время

Вероятность: низкая

Принимая во внимание высокую проработанность конструкции установки плазменной газификации и наличие её действующего прототипа, вероятность невыхода на плановые параметры крайне невелика.

Система роботизированной сортировки является полностью новым продуктом, для которого вероятность задержек и сроков завершения выше.

Способы ограничения последствий реализации риск-фактора: удлинение стадии НИОКР приведет к задержке в запуске завода по утилизации ТБО, что потенциально способно несколько снизить финансовую эффективность проекта (однако, это снижение будет небольшим, принимая во внимание, что основные затраты будут понесены на этапе СМР и производства оборудования).

Задержка в завершении НИОКР по системе плазменной газификации однозначно сдвинет срок запуска завода. Для минимизации вероятности данного события возможно привлечение дополнительных сотрудников ИТ СО РАН к работам по установке.

Задержка в завершении НИОКР по системе роботизированной сортировки существенно менее критична для проекта: при необходимости, в установку плазменной газификации может подаваться несортированный мусор, либо он может подвергаться ручной сортировке до момента, когда роботизированная система будет полностью готова.

Производственный риск

Невозможность организации серийного производства разработанных устройств на предприятиях г. Новосибирска

Вероятность: очень низкая

Оборудование для плазменной утилизации хорошо знакомо членам консорциума и уже успешно производится на предприятиях г. Новосибирска (в частности, системы плазменной утилизации медицинских отходов). Производство роботизированных сортировочных систем является, по большей части, сборочным, поэтому никаких проблем постановка его на серийное производство не вызовет.

Способы ограничения последствий реализации риск-фактора: привлечение к реализации проекта других участников, обладающих соответствующими компетенциями.

Финансовый риск

Невозможность установки достаточно высокого тарифа на утилизацию ТКО так, чтобы обеспечивалась операционная окупаемость завода.

Вероятность: средняя

Проведенные в данном тексте расчеты показывают, что требуется, как минимум, 2-3 кратное увеличение тарифа на утилизацию ТБО, что может вызвать недовольство жителей региона.

Способы ограничения последствий реализации риск-фактора: бюджетное софинансирование части тарифа, по крайней мере, на начальном этапе реализации проекта. Дополнительные поступления от серийного производства оборудования по утилизации мусора на предприятиях г. Новосибирска смогут полностью нейтрализовать отрицательный эффект от данных субсидий для областного бюджета.

3. Описание альтернативных вариантов реализации проекта

Альтернативное решение реализации проекта возможно в рамках Рамочного соглашения №6047/2018 об основных условиях научно-технического сотрудничества от « 18 » января 2018 г.

Участники:

Акционерное общество «ОДК-Авиадвигатель» (г.Пермь),

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики имени С.С.Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук (г.Новосибирск),

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной механики имени С.А.Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук (г.Новосибирск),

Открытое акционерное общество «СКБ Сибэлектротерм» (г.Новосибирск),

Федеральное государственное унитарное предприятие «Исследовательский центр имени М. В. Келдыша» (г.Москва).

Целью данного Соглашения является реализация проекта по разработке и созданию комплекса по переработке твердых бытовых отходов на основе плазменной газификации с получением синтез-газа и использованием его в качестве топлива для газотурбинных электростанций, разработки и производства АО «ОДК-Авиадвигатель».

Руководитель _____ чл.-корр. РАН Маркович Д.М. _____ / _____
(Ф.И.О.) (подпись)

Главный бухгалтер _____ Тютюниченко Е.В. _____ / _____
(Ф.И.О.) (подпись)

МП

Дата 11.07.2018г.