

УСТАНОВКА ГЕНЕРИРУЮЩЕЙ ДОРОЖНОЙ РАМПЫ НА ПРИМЕРЕ ТАМОЖЕННОГО ПОСТА «КОЗЛОВИЧИ»

В данной работе рассмотрена возможность использования электрогенерирующей дорожной ramпы, разработана ее конструкция и спроектирована установка в республиканском пункте таможенного оформления «Козловичи» Брестской таможни, который находится на внешней границе Евразийского экономического союза.

Эффективное расходование ресурсов неразрывно связано с использованием альтернативных источников электроэнергии, которые при правильном применении могут стать востребованными, в том числе в местах большого скопления транспортных средств. Целью данного проекта является изучение функционирования генерирующей дорожной ramпы путем использования имеющихся ресурсов таможенных органов.

Ограниченность природных ресурсов подталкивает человечество прилагать усилия в поиске альтернативных источников энергии, преимущества и недостатки которых представлены в таблице 1. Актуальность использования нетрадиционных источников энергии постоянно возрастает, в связи с чем требуется ускорение процессов их поиска и внедрения. В результате чего большинство стран на национальном уровне повсеместно внедряют программы, снижающие расход энергии (например, Киотский протокол (1992 г.), Закон Республики Беларусь от 09.01.2015 г. № 239-З «Об энергосбережении»).

Таблица 1 – **Преимущества и недостатки использования альтернативных источников энергии**

Преимущества	Недостатки
Экологический аспект	Возможное непостоянство в зависимости от времени суток и погодных условий
Неисчерпаемость и возобновляемость ресурсов	Неудовлетворяющий уровень коэффициента полезного действия
Всеобщая доступность и широкое распространение	Неразвитость технологий и высокая стоимость
Снижение себестоимость с дальнейшим развитием технологий	Низкая единичная мощность отдельных установок

Примечание – Источник: собственная разработка на основании [3]

Исходя из анализа данных таблицы 1, альтернативные источники энергии обладают ярко выраженными недостатками, однако с возрастанием роли их использования, в том числе в массовом производстве, преимущества могут обрести более значимый эффект. Особенностью использования такого рода источников энергии является необходимость углубленного изучения данной области. Потребности человечества в бесперебойной подаче энергии диктуют жесткие требования к нетрадиционным источникам. При этом существует возможность минимизировать влияние недостатков дальнейшим развитием технологий и инноваций.

В свою очередь, таможенные органы по всему миру ведут активную работу по внедрению инициативы «Зеленая таможня» в природоохранной сфере, реализация которой всецело направлена на разрешение глобальных экологических проблем.

Данная инициатива представляет собой принятые правовые нормы в целях сотрудничества государств, партнерами которой являются секретариаты соответствующих многосторонних природоохранных соглашений, связанных с торговлей (Базельская конвенция, Конвенция о биологическом разнообразии (Картахенский протокол), СИТЕС, Монреальская, Роттердамская и Стокгольмская конвенция), Интерпол, Организация по запрещению химического оружия, Организация Объединенных Наций по окружающей среде, Управление Организации Объединенных Наций по наркотикам и преступности и Всемирная таможенная организация. Инициатива «Зеленая таможня» также тесно сотрудничает с рядом других региональных и международных организаций.

В борьбе с нелегальной торговлей и незаконным перемещением объектов и предметов, наносящих вред окружающей среде и усугубляющих экологические проблемы, играет также большую роль и участие непосредственно самих пунктов пропуска, показывающих яркий пример поощрения использования нетрадиционных источников энергии.

Концепцию выработки электроэнергии при помощи генерирующей дорожной ramпы начали реализовывать сначала в Великобритании, затем в Бахрейне, имеются разработки и в России. Технология берет свое начало от британского изобретателя Питера Хьюса, который создал «генерирующую дорожную ramпу» (*Electro-Kinetic Road Ramp*) [2] для автомобильных дорог. Более того, имеется возможность рассматривать такого рода установку и на железнодорожном транспорте. Таким образом, на сегодняшний день существуют способы использовать кинетическую энергию для производства полезной механической работы в выработке электричества на уличное освещение в виде генерирующей дорожной ramпы.

Работа данной установки заключается в следующем: вес проезжающих транспортных средств включает храповой механизм с зубчатой передачей, приводящий в движение шкив генератора, высвобождая энергию [1]. При этом сама ramпа представляет собой металлические пластины, немного поднимающиеся над дорогой. Под пластинами заложен электрический генератор, который вырабатывает электроэнергию всякий раз, когда автомобиль проезжает через ramпу, что представлено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Генерирующая дорожная ramпа

Примечание – Источник: собственная разработка на основании [5]

Такие рампы в качестве аккумуляторов способны питать электричеством светофоры и подсвечиваемые дорожные знаки. В Великобритании технология работает уже в нескольких городах. Способ начал распространяться и на другие страны, например, на маленький Бахрейн [2].

Таким образом, данная установка будет уместна в местах большого скопления транспортных средств, поэтому она целесообразна для использования таможенными органами на границе. Новаторский подход, связанный с установкой рампы в пункте пропуска для выработки электрической энергии, не дает возможность питать относительно большое количество электроприемников, поэтому в данной работе будет произведена попытка проектирования источника генерации электрической энергии, способного в некоторой степени обеспечивать освещение выделенного участка.

В Беларуси республиканские пункты таможенного оформления, имеющие международный характер, с наибольшей пропускной способностью находятся в Гродненской региональной и Брестской таможне. При том, что генерирующая дорожная рампа должна охватить большее количество проезжающих транспортных средств, установка будет уместна в республиканском пункте таможенного оформления «Козловичи» Брестской таможни (далее – РПТО «Козловичи»). Стоит отметить, что в данном пункте пропуска перемещается только грузовые автотранспортные средства (далее – АТС).

Проектирование электрогенерирующей дорожной рампы для электроснабжения уличного освещения РПТО «Козловичи» производится следующим образом, схематично представленном на рисунке 2.

Исходя из данной разработанной схемы, на начальном этапе проектирования электрогенерирующей рампы необходимо выбрать критерии для мест ее установки. Взяв во внимание тот факт, что выбранный автодорожной пункт пропуска должен обладать максимальной пропускной способностью транспортных средств, был выбран РПТО «Козловичи».

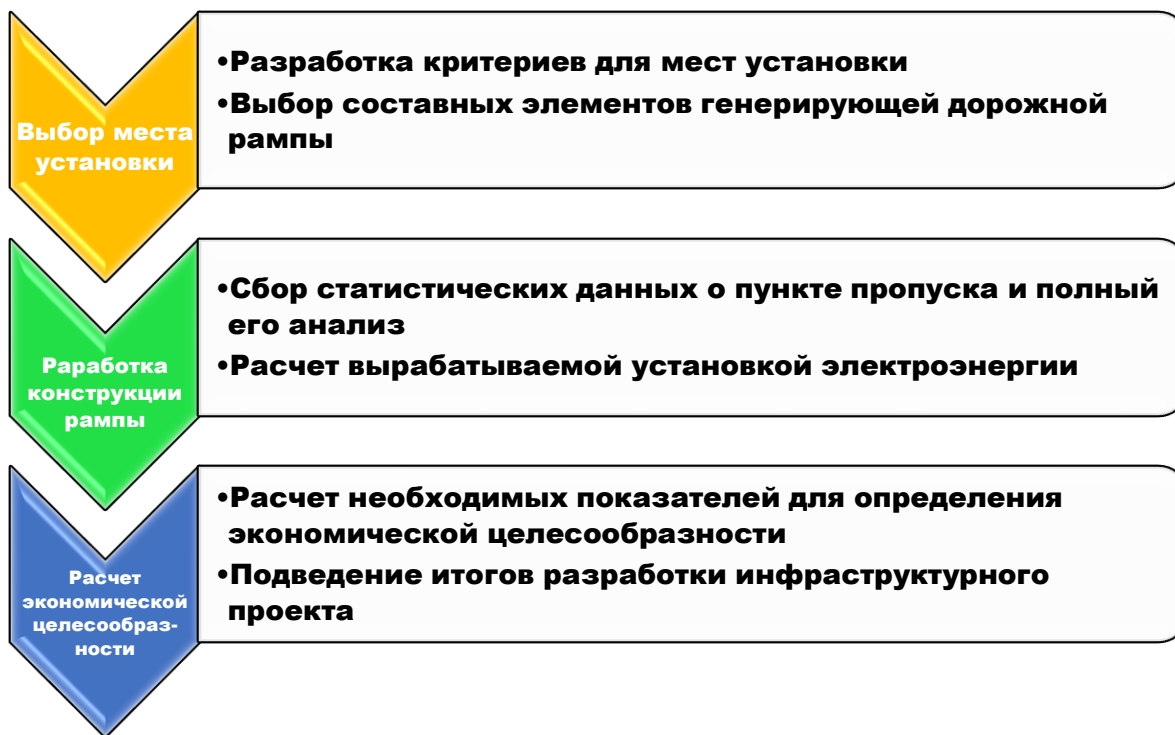


Рисунок 2 – Этапы проектирования электрогенерирующей ramпы

Примечание – Источник: собственная разработка

Основными критериями для мест установки являются следующие:

– большее количество АТС смогло проехать через ramпу в направлениях движения на въезд в Республику Беларусь и на выезд из нее. Соответственно, ramпа будут установлены в двух единицах (рисунок 3);

– дорожная ramпа должна быть установлена таким образом, чтобы не препятствовать движению АТС. Следовательно, для пункта пропуска, который специализируется на грузовом сообщении, подходящим местом расположения ramп будет небольшая площадь дорожного участка после прохождения пограничного контроля на въезде/выезде в/из пункт (а) пропуска (рисунок 3).

На рисунке 3 показаны места установки генерирующих ramп, на которые будет наезжать каждое транспортное средство, въезжающее в пункт пропуска и выезжающее из него.

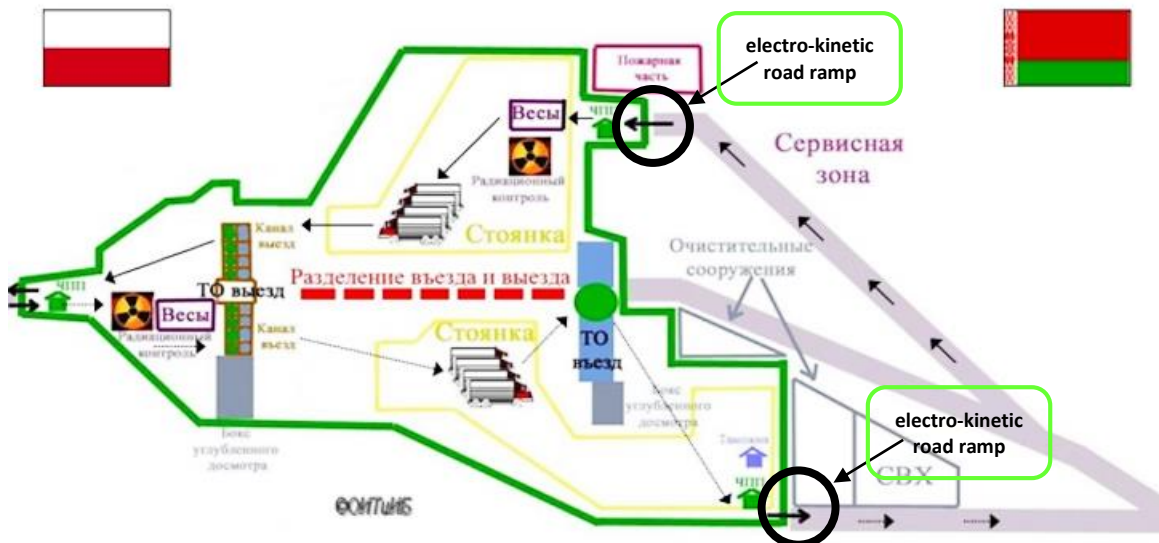


Рисунок 3 – Схема пункта пропуска «Козловичи» с выделенными участками для установки «*electro-kinetic road ramp*»

Примечание – Источник: собственная разработка на основании [5]

На следующем этапе разрабатывается конструкция рампы учитывая характеристики проезжающих транспортных средств, климатические особенности региона, а также потребителей (осветительных установок), получающих электроэнергию от генерирующей рампы.

Исходя из мощности осветительных установок, подбираются трехфазный генератор требуемых параметров, а также трансформатор и стабилизатор для понижения и выравнивания выходного напряжения соответственно. На основании выбранного генератора осуществляется подбор редуктора и шкивов.

Аккумуляторные батареи подбираются исходя из энергии, потребляемой осветительными установками, а также продолжительности их автономной работы.

Согласно оперативным данным Брестской таможни через пункт пропуска «Козловичи» в среднем проезжает около 85% грузовых транспортных средств с классом 12D (5-осные транспортные средства) весом от 14 - 42 тонн. С учетом вышесказанного, механизм работы электрогенерирующей дорожной рампы в РПТО «Козловичи» будет выглядеть следующим образом: после проезда 5-осного транспортного

средства на выходе вала рампы производится 35 оборотов шкива диаметром 10см. Посредством ременной передачи оборот со шкива вала рампы передается на ведущий шкив редуктора (диаметр 10 см). На выходе редуктора обороты увеличиваются в 10 раз, это обусловлено его параметрами (передаточное число 1:10). С выхода редуктора посредством ременной передачи обороты транслируются на генератор, в котором происходит преобразование механической энергии в электрическую. Выработанная генератором электроэнергия поступает на понижающий трансформатор, с его выхода переменное напряжение 220 В поступает на стабилизатор, в котором выпрямляется. Далее выпрямленное напряжение заряжает аккумуляторы, которые, в свою очередь, питают осветительные установки, находящиеся в пункте пропуска.

Исходя из изложенного механизма выработки электроэнергии на уличное освещение пункта пропуска, составными элементами генерирующей дорожной рампы выбраны следующие, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Составные элементы генерирующей дорожной рампы и их стоимость

Составные элементы генерирующей дорожной рампы	Стоимость, долл. США
Металлические пластины	500
Генератор трехфазный синхронный Месс Alte T16F-160	549
Аккумулятор для ИБП Delta DTM 1240 L (12В/40 А·ч)*20	100*20=2000
Трансформатор трехфазный понижающий ТСЗИ-10 (380/220)	468
Стабилизатор напряжения Solpi-M SDR-10 кВА	175
Редуктор РЦД-250	585
Шкив (2 шт.)	15*2=30
Провод силовой ПуГВ-1х6 (25м)	30
Храповики, пружины, передающие шестерни, расположенные на вале и др. мелкие комплектующие	152
ИТОГО:	
USD	4489
BYN (курс валюты – 2,54)	11402

Примечание – Источник: собственная разработка

После выбора места установки и разработки конструкции электрогенерирующей рампы, проводится полный анализ и сбор всех необходимых для проектирования данных о пункте пропуска «Козловичи»: статистические данные потока транспортных средств, протяженность участка, климатические особенности и др.

Исходя из фактической пропускной способности РПТО «Козловичи» определим количество АТС, которые будут проезжать через генерирующую дорожную рампу в сутки (таблица 3) и на основании полученных данных рассчитаем вырабатываемую рампами электроэнергию.

Таблица 3 – Фактическая пропускная способность РПТО «Козловичи» в период с 2013 – 2020 гг.

Направление движения	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Въезд, ТС	331 973	312 065	250 075	271 877	305 172	294 857	306 074	291 772
Выезд, ТС	219 191	227 209	195 460	200 935	237 123	232 352	245 000	241 369

Примечание – Источник: собственная разработка на основании оперативных данных Брестской таможни.

Исходя из анализа данных таблицы 2, по подсчетам в сутки через РПТО «Козловичи» проезжает в среднем 829 АТС на въезд в Республику Беларусь и 630 на выезд с нее. Соответственно, в среднем проезжает 1459 АТС. При этом за один «наезд» автомобиля по оборудованному электрогенератором рампе будет вырабатываться около 40 Вт электроэнергии в зависимости от веса АТС. Значение получено исходя из данных скорости проезда АТС, его длины и среднего времени проезда фуры по рампе (14 сек).

На основании полученных данных количества транспортных средств и электроэнергии, вырабатываемой за один наезд, найдем вырабатываемую установками электроэнергию, необходимую для уличного освещения: в сутки – 58,40 кВт; в месяц – 1734,37 кВт; в год – 20812,52 кВт.

Таким образом, сравним полученные данные о вырабатываемой установками электроэнергии, проведенные на основании расчетов, со сведениями об электроэнергии, расходуемой на уличное освещение таможенными органами, представленными в таблице 4.

Таблица 4 – Электроэнергия, расходуемая таможенными органами на уличное освещение

Электроэнергия, расходуемая на уличное освещение:	РПТО
	«Козловичи»
В 2020 год, кВт	125000
Тариф (р./кВтч)	0,32181
В 2020 год, р.	40226,25

Примечание – Источник: собственная разработка на основании оперативных данных Брестской таможни.

В исследовании было установлено, что в год установки будут вырабатывать 20812,52 кВт. Исходя из этого определим сколько бы тратилось денежных средств на электроэнергию, получаемую традиционным способом, и получим доход (R) от работы генерирующих дорожных рампы в пункте пропуска, рассчитанный по тарифу, указанному в таблице 4.

$$R = 20812,52 \text{ кВт} * 0,32181 \text{ (тариф)} = 6697,68 \text{ р.}$$

В результате проведенных расчетов и анализа данных таблицы 4, сделаем следующие значимые для проекта выводы:

– для получения максимального эффекта от использования проекта «*electro-kinetic road ramp*» в пункте пропуска, рампы необходимо устанавливать в двух направлениях – на въезд и на выезд таким образом, чтобы не мешать следованию транспортных средств. Местом для установки выбран небольшой участок после прохождения пограничной службы, где проезжают все транспортные средства.

– генерирующая дорожная рампа служит лишь в качестве вспомогательного источника электроэнергии и не способна в полной степени заменить традиционный

механизм питания. Однако данная установка может в некоторой степени уменьшить расходы на электроэнергию, компенсируя пятую часть затрат, потраченных на уличное освещение.

– исходя из полученных данных затраты на содержание электроэнергии на уличное освещение сократятся на 6697,68 р. в год (на 558,14 р. в месяц) или на 17 % и данное значение будет приниматься за доход, полученный от функционирования двух установок.

На заключительном этапе проводится оценка экономической эффективности и определяется динамический срок окупаемости инвестиций. Для этого необходимо установить затраты, связанные с приобретением генерирующих дорожных рамп, которые будут функционировать в пункте пропуска.

Таким образом, исходя из разработанной конструкции рампы и полученных данных о ее составляющих (таблица 3), стоимость одной установки составит – 11402 р. Согласно инфраструктурному проекту предусмотрена установка электрогенерирующей рампы в двух единицах, следовательно, инвестиции в данный проект составят 22804 р.

Далее определим дисконтированный срок окупаемости инфраструктурного проекта «Генерирующая дорожная рампа», принимая за норматив дисконтирования ставку рефинансирования, установленную Национальным банком Республики Беларусь (8,5 %) и +2 % на риски инвестора. Дисконтированный срок окупаемости позволяет учесть инфляционные процессы и рассчитать возврат инвестиций с учетом покупательской способности денежных средств.

Для расчета коэффициента дисконтирования в текущем году используется следующая формула (1):

$$A_{gt} = (1 + E_t)^{-t}, \quad (1)$$

где A_{gt} – коэффициент дисконтирования в текущем году;

E_t – норматив дисконтирования в год.

Построим динамическую систему дисконтирования на основании произведённых расчетов с шагом в 1 год за 10 лет (срок службы до капитального ремонта), представленную в таблице 5.

Таблица 5 – Динамическая система дисконтирования инфраструктурного проекта «*electro-kinetic road ramp*»

Год	Инвестиции (I)	Доход (R)	Результат	Норматив дисконтирования (E_d)	Коэффициент дисконтирования (A_d)	Дисконтированные инвестиции (ДФР (I_d))	Финансовое положение инвестора (ФПИ (NPV))
0	22804	0	-22804	0,105	1,00	-22804,00	-22804,00
1	0	6697,68	6697,68	0,105	0,90498	6061,25	-16742,75
2	0	6697,68	6697,68	0,105	0,81898	5485,29	-11257,46
3	0	6697,68	6697,68	0,105	0,74116	4964,07	-6293,39
4	0	6697,68	6697,68	0,105	0,67073	4492,37	-1801,02
5	0	6697,68	6697,68	0,105	0,60700	4065,49	2264,47
6	0	6697,68	6697,68	0,105	0,54932	3679,18	5943,64
7	0	6697,68	6697,68	0,105	0,49712	3329,57	9273,22
8	0	6697,68	6697,68	0,105	0,44989	3013,19	12286,40
9	0	6697,68	6697,68	0,105	0,40714	2726,87	15013,27
10	0	6697,68	6697,68	0,105	0,36845	2467,75	17481,02

Примечание – Источник: собственная разработка.

На основании данных таблицы 5 рассчитываем:

- период возврата инвестиций.

$$DPP = \sum_{i=1}^n \frac{NPV_i}{(1 + E_d)^i}, \quad (2)$$

где DPP – дисконтированный срок окупаемости инвестиций;

NPV – денежные поступления в период i ;

E_d – ставка дисконтирования;

i – срок реализации проекта.

$$DPP = 4,5 \text{ года}$$

- коэффициент экономической эффективности расчётного периода:

$$ARR = \frac{NPV_n}{I},$$

где ARR – коэффициент экономической эффективности расчётного периода;

NPV_n – чистая дисконтированная стоимость;

I – инвестиции.

$$ARR = 2,61$$

- индекс доходности:

$$PI = 1 + ARR,$$

где PI – индекс доходности;

ARR – коэффициент экономической эффективности расчётного периода.

$$PI = 1 + 2,61 = 3,61$$

Таким образом, экономическая эффективность инвестиций в динамической системе дисконтирования очевидна. Текущий доход от проекта покрывает капитальные вложения в него. Инвестиционный проект окупается через 4,5 года после вложения средств инвестором.

При утверждении и реализации инфраструктурного проекта в обязательном порядке должна быть создана специальная техническая комиссия, которая будет курировать выполнение проекта. Повышенные требования предъявляются к исполнителю проекта, который выбирается исходя из проводимого на тендера на оказание строительных услуг в соответствии с Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 31 января 2014 г. № 88 «Об организации и проведении процедур

закупок товаров (работ, услуг) и расчетах между заказчиком и подрядчиком при строительстве объектов». Финансирование в данный инфраструктурный проект предполагаются получить за счет грантов выигранных на конкурсах экологических инициатив, иницируемых ПРООН, финансируемых Европейским союзом.

Таким образом, реализация проекта «*electro-kinetic road ramp*» позволит эффективнее подходить к решению по планированию и расходованию ресурсов и повысить результативность использования таможенной инфраструктуры Брестской таможни.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Electro-Kinetic Road Ramp [Электронный ресурс] / International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology (IARJSET) Vol. 2, Special Issue 1 – Ghaziabad, 2015.– Режим доступа : <https://iarjset.com/upload/2015/si/ncree-15/IARJSET%2046%20P169.pdf> – Дата доступа : 29.02.2021.

2 Википедия [Электронный ресурс] : [офиц. сайт] / Интернет-энциклопедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/>. – Дата доступа : 11.02.2021.

3 Информационный портал [Электронный ресурс] / Перспективность развития и применения альтернативных источников энергии. – Режим доступа : <https://promdevelop.ru/>. – Дата доступа : 25.03.2021.

4 Проектирование электрогенерирующей рампы для электроснабжения уличного освещения [Электронный ресурс] / Сервер электронных публикаций и периодических изданий АлтГТУ – Барнаул, 2016. – Режим доступа : <http://edu.secna.ru/>. – Дата доступа : 27.01.2021.

5 Яндекс. Картинки [Электронный ресурс] / Поисково-информационная служба Яндекса. – Режим доступа : <https://yandex.by/maps/>. – Дата доступа : 11.04.2021.