

---

## **ЕКОЛОГИЧЕН ОТПЕЧАТЪК НА РЕКУПЕРАТИВНОТО СПИРАНЕ В ЖЕЛЕЗОПЪТНИЯ ТРАНСПОРТ**

**Илко Търпов**  
[stsb\\_plovdiv@abv.bg](mailto:stsb_plovdiv@abv.bg)

**ВТУ „Т. Каблешков”, София, ул. „Гео Милев” № 158  
БЪЛГАРИЯ**

**Ключови думи:** екология, екологичен отпечатък, рекуперативно спиране, железопътен транспорт, енергийна ефективност

**Резюме:** В производството на електроенергия се използват различни видове първични енергоносители, които оставят различен отпечатък върху екосистемата в страната. Този общ микс чрез енергийната система се консумира и от неавтономните електрически транспортни средства, някои, от които притежават рекуперативни спирачки. Поради тази причина е необходимо да се анализира екологичния аспект на рекуперативното спиране като спиране, което реализира икономия на енергия и от там на въглеродни емисии и парникови газове.

В доклада е разгледано влиянието на рекуперативното спиране върху екологията и са представени аргументи, защо тази енергия трябва да се счита за възобновяема. Разгледано е също така и влиянието на отрасъл транспорт върху климата, както и участието на рекулерацията в кръговата икономика. Направена е класификация на рекуперативната енергията, като вид възобновяема. Дадени са препоръки за отчитане на екологичното въздействие на електрическите транспортни средства при закупуване на нов тягов подвижен състав.

### **ВЪВЕДЕНИЕ**

През последното десетилетие се забелязва увеличен дял на електрическите транспортни средства в железопътния транспорт, които разполагат с електродинамична система за спиране с връщане на произведената електроенергия обратно в контактната мрежа (КМ). Такъв вид спиране наричаме рекуперативно, поради преработване на енергията използвана за ускорение на подвижния състав. Рекуперативното спиране, като вид електрическо спиране се осъществява благодарение на обратимостта на електрическите машини. Натрупаната кинетична енергия в състава по време на ускоряване и потенциалната такава при спускане се преобразува в електрическа по време на спирането.

Предвижда се в следващите пет години да бъдат доставени в държавният превозвач 42 електромотрисни състава, които разполагат с такава система за рекуперативно спиране. Частните железопътни компании също разполагат с модерни транспортни средства, които са задвижвани от високоефективни управление и електродвигатели с възможност за рекуперативно спиране.

Електрическите превозни средства са захранвани с електроенергия от мрежата, получаваща все по-често от енергийни източници с ниски емисии на CO<sub>2</sub>. В крайното

електропроизводство участват различни видове първични енергоносители, които оставят различен отпечатък върху екосистемата в страната. Поради тази причина е наложително да се анализира екологичния аспект на рекуперативното спиране, като спиране, което реализира икономия на енергия и от там на въглеродни емисии и парникови газове.

## ВЛИЯНИЕ НА ТРАНСПОРТА ВЪРХУ КЛИМАТА

Според Рамковата конвенция на ООН за климатичните промени основните парникови газове са въглероден диоксид (CO<sub>2</sub>), метан (CH<sub>4</sub>), двуазотен оксид (N<sub>2</sub>O), хидрофлуорокарбони (HFCs), перфлуорокарбони (PFCs) и серен хексафлуорид (SF<sub>6</sub>). Различните парникови газове имат различен потенциал на глобално затопляне (ПГЗ). Въздействието се сравнява с въздействието на CO<sub>2</sub> (ПГЗ = 1) и се обозначава като CO<sub>2</sub> еквивалент (CO<sub>2</sub> - екв.)

В структурата на крайното енергийно потребление за 2016 г., според [3], представено в таблица 1, най-голям дял заема потреблението на енергия в транспорта (35,17%), следват индустрията (27,67%) и домакинствата (23,75%).

Таблица 1. Крайно енергийно потребление по сектори

| СЕКТОРИ           | Енергийно потребление<br>в хил. т. н. е. |
|-------------------|--|
| Индустрия         | 2 634                                    |
| Транспорт         | 3 348                                    |
| Домакинства       | 2 261                                    |
| Селско стопанство | 186                                      |
| Услуги            | 1 088                                    |

За периода 2011 г. ÷ 2016 г. относителният дял на транспорта и потреблението на енергия в страната се е увеличил с 10,58 %. От общия енергиен баланс за 2016 г. железопътният транспорт е изразходвал 37 хил. т.н.е., от които 13 хил. т.н.е. нефтопродукти и 24 хил. т.н.е. електрическа енергия.

Относителният дял на железопътния транспорт от 12,7 % през 2011г. достига до 8,6 % за 2016 г. със силно изразена тенденция към намаляване, като за основна причина може да се приеме намалението на железопътния трафик.

За същия периода е налице тенденция към увеличаване на относителния дял на емисиите на парникови газове. През 2016 г. транспортът емитира 15,8 % от националните емисии на парникови газове.[3]

Динамиката в нивата на емисии на вредни вещества в атмосферата от пътен транспорт за периода 2011 ÷ 2016 г. според [4], може да се проследи в таблица 2.

Таблица 2. Вредни вещества в атмосферата от пътен транспорт

| Замърсители                                     | 2011    | 2012    | 2013    | 2014    | 2015    | 2016    |
|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Серни окиси (SO <sub>x</sub> )                  | 124     | 126     | 99      | 107     | 37      | 38      |
| Азотни окиси (NO <sub>x</sub> )                 | 40145   | 41645   | 36002   | 38833   | 45407   | 47196   |
| Неметанови летливи органични съединения (NMVOC) | 14884   | 14922   | 12889   | 12822   | 13468   | 11522   |
| Метан (CH <sub>4</sub> )                        | 1060    | 1061    | 980     | 1109    | 1118    | 1030    |
| Въглероден окис (CO)                            | 82023   | 76448   | 65258   | 70642   | 72396   | 67860   |
| Въглероден двуокис (CO <sub>2</sub> )           | 7492640 | 7822170 | 6849525 | 7899542 | 8684244 | 8795963 |
| Двуазотен окис (N <sub>2</sub> O)               | 211     | 222     | 201     | 231     | 259     | 268     |
| Амоняк (NH <sub>3</sub> )                       | 741     | 739     | 772     | 901     | 959     | 900     |

Завишените нива на въглероден диоксид се дължат на завишения дял на превозите в страната с автомобилен транспорт.

Изследване на Европейската агенция за околна среда (публикувано през декември 2016 г.), проведено за периода 2000 - 2014 г. показва, че специфичните емисии от превоз, както на пътници, така и на товари в Европейския съюз, с различни видове транспорт, са най-ниски при железопътния. Стойностите на емисиите от въглероден диоксид в железопътния транспорт намаляват през изследвания период, като от 2009 г. са под 20 g/tkm.

## **ЕКОЛОГИЧНО ВЪЗДЕЙСТВИЕ НА РЕКУПЕРАТИВНОТО СПИРАНЕ**

Съгласно Конвенцията за оценка на въздействието върху околната среда влиянието върху нея е следствие, причинено от предлагана дейност, включително въздействие върху здравето и безопасността на хората, флората, фауната, почвата, въздуха, водата, климата, пейзажа, историческите паметници и други материални обекти или взаимодействието между тези фактори. Ето защо, оценката само на емисиите от крайната употреба на електроенергия в електрическия железопътен транспорт върху околната среда е едностранчива и не дава представа за цялостното въздействие от производството и експлоатацията на тези състави. Оценяването на въздействието, може да се осъществи като се сравни възможността им да възобновяват (регенерират) част от вторичната (отпадна) енергия.

Освен, че регенерира енергията, екологичният аспект на рекуперативното спиране се допълва и от факта, че намалява запрашеността на пътя от спиращите калодки и понижава нивата на шум предизвикан от конвенционалната спираща система. Като основно предимство на електрическите спиращки се изтъква тяхната възможност да регулират плавно скоростта на движение на влака и осигуряването на допълнителна сигурност за спиращия процес поради дублирането ѝ с основната пневматична спираща система. За разлика от резисторното спиране, при което получената електрическата енергия от тяговите двигатели, работещи в режим на генератор се превръща в топлина от спиращи съпротивления, рекуперативното спиране отдава енергията обратно в КМ. Намалените експлоатационни разходи, подобрената "езда" и регенерирането на част от използваната енергия за движение, определят рекуперацията, като технологичен процес за подобряване на енергийната ефективност на тяговия подвижен състав и определянето му като екологичен. Значителен ефект от този вид спиране може да се наблюдава при продължителни стръмни спускания или в участъци с голям брой спирки. От проведените многобройни измервания се установи, че размера на върнатата енергия в мрежата, може да достигне до 30% от консумираната такава в зависимост от стила на управление на транспортното средство и от възможността за оползотворяването ѝ.

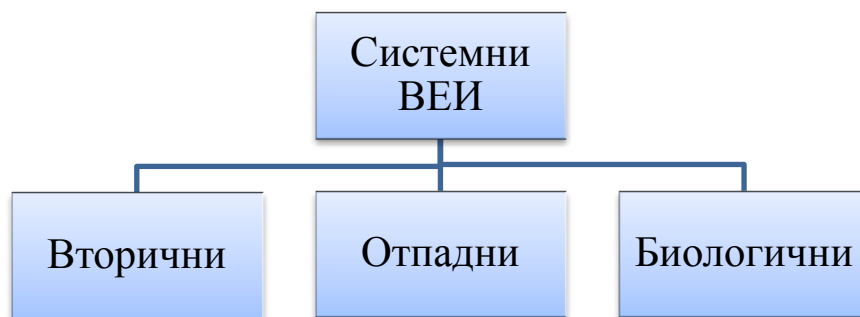
След като рекуперацията е процес, при който отпадна енергия се преобразува и оползотворява отново, може да се счита, че тази енергия е възобновяема.

## **КЛАСИФИЦИРАНЕ НА ЕНЕРГИЯТА ОТ РЕКУПЕРАТИВНО СПИРАНЕ**

За да определим мястото на енергията от рекуперативно спиране в общия баланс на производство и потребление е необходимо да изхождаме от начина на нейното производство. Както вече бе споменато тази енергия се придобива от отпадна такава и поради тази причина трябва да търсим нейното място в системните възобновяеми енергийни източници (ВЕИ).

Резерв при оползотворяване на енергийни ресурси се оказват системните възобновяеми енергийни източници, при които технологичните системи и изграждането на инсталации е пряко свързано с дейността на потребителите им. Според [1] са дефинирани три основни групи: вторични, отпадни и биологични. Вторичните ВЕИ използват енергията на отработен топлоносител на по-ниско потенциално ниво. Биологичните системни ВЕИ са: биодизел, биогаз, биомаса и различни биопродукти. При отпадните, когато не се оползотворяват, енергията се изхвърля в околната среда. Именно поради тази причина рекуперативната енергия може да се определи като възобновяема от системен тип с характер на отпадна енергия.

Ефективното оползотворяване на енергия от системни ВЕИ, повишава енергийната ефективност, в следствие на което намалява замърсяването на околната среда и се подобрява общото състояние на екосистемата. На фиг. 1 е представена класификация на ефективното оползотворяване на енергия от системни ВЕИ.



**Фиг.1. Оползотворяване на системни ВЕИ.**

През 2015 г. Европейската комисия приема фундаментален „План за действие на ЕС за кръговата икономика“. Кръговата икономика ще спомогне за икономията на енергия и за предотвратяването на необратими щети, причинявани от използването на ресурсите с темпо, което надхвърля капацитета на земята за тяхното възобновяване. Ще съдейства за намаляването на сегашните емисии на въглероден диоксид. „В кръговата икономика стойността на продуктите и материалите се запазва възможно най-дълго време; генерирането на отпадъци и използването на ресурси са сведени до минимум и ресурсите се запазват в икономиката, когато продуктът достигне края на жизнения си цикъл, и се използват многократно за създаване на допълнителна стойност.“[2] В този смисъл отпадъчната енергия от спирането на железопътните състави превърната в електрическа и върната обратно в хранващата КМ, може да се счита и като част от кръговата икономика. Поради тази причина при съставянето на критерии за избор на нов подвижен състав е задължително да бъде включено изискването за наличие на електродинамична спираща система с рекуперация на енергията от спиращия процес.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

След направения анализ на влиянието на железопътния транспорт върху климата и екологичното въздействие на рекуперативното спиране, както и класифициране на тази енергия като вид възобновяема, може да се направят следните изводи и заключения:

- Железопътният транспорт продължава да е най- екологичен и внедряването на системи за рекуперация на отпадна енергия ще подобри екологичния отпечатък в бранша;

- Энергията от рекуперация при спиране може да се счита за възобновяема от системен тип с характер на отпадна енергия;
- При въвеждане на класификация на електрическите транспортни средства в енергийно и екологично отношение, трябва да се има предвид наличието на система за рекуперативно спиране;
- За определяне точните нива на екологичното въздействие на рекуперативното спиране е необходимо да се проведе детайлно изследване.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

- [1] Киров Д. , Инженерна екология, Техника, София, 2011
- [2] Годорова Д., М. Евтимова, Кръгова икономика и екологична сигурност, Научно списание Механика Транспорт Комуникации, том 15, брой 3, статия № 1479, 2017
- [3] <http://www.nsi.bg/bg/content/12372/>
- [4] <http://eea.government.bg/>

## **ECOLOGY PRINT OF THE REGENERATIVE SUSPENSION IN THE RAILWAY TRANSPORT**

**Илко Тарпов**  
[stsb\\_plovdiv@abv.bg](mailto:stsb_plovdiv@abv.bg)

*Todor Kableshkov University of Transport, 158 Geo Milev str., 1574 Sofia,  
 BULGARIA*

***Key words:** ecology, ecology print, regenerative suspension, railway transport, energy efficiency.*

***Abstract:** Different kinds of primary energy bearers are used in the production of electro energy, which leave different marks on the ecosystem of the country. This mixture is consumed also by non-autonomous electrical vehicles, some of which have regenerative brakes. This is the reason why it is necessary to analyze the ecological aspect of the regenerative stopping as stopping, which realizes economy of energy and therefore economy of carbon emissions and greenhouse gases. In the report the influence of the regenerative stopping on the ecology is examined and some arguments are presented, which show why this kind of energy should be seen as renewable. Moreover, the effect of the transport field on the climate is discussed, as well as the participation of the regeneration in the circular economy. A classification of the regenerative energy as a renewable energy has been derived. Finally, methods of how to read the ecology impact of the electrical vehicles when buying a new traction rolling stock have been recommended.*