

## ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕКОЛОГИЧНИЯ ЕФЕКТ ОТ РЕКУПЕРАТИВНОТО СПИРАНЕ

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:** Пътят към подобряване на екологичния отпечатък в транспорта, минава през разработване и внедряване на технологии и системи, подобряващи енергийната ефективност в отрасъла. Намалването на разхода за енергия във всяка една икономическа дейност, неминуемо води и до подобряване на екологичната интензивност при нейното осъществяване. Поради тази причина изпълнението на европейските норми за понижаване на екологичната интензивност в транспорта трябва да се реализират и чрез търсене на резерви в съвременните технологии, които до този момент не са отчитани като възобновяеми.

Вдоклада ще се постави началото на изследване насочено към екологичния ефект от регенерирането на електрическата енергия произведена при спиране и върната обратно в мрежата. Ще се определи по-детайлно крайния екологичен ефект от употребата на системи за рекуперация при спиране. Прилагането на рекуперативно спиране понижава потреблението на електроенергия в цялата железопътна енергийна система и ще доведе до намаляване на количеството изхвърлени вредни вещества в околната среда. Сам по себе си този факт представлява сериозен принос към опазване на околната среда. Също така ще се представи енергиен анализ на превозната работа и от там ще се определи екологичния ефект от използването на рекуперативната спирачка.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Независимо от факта, че вече над десет години в системата на Българските държавни железници се експлоатира тягов състав снабден с рекуперативна спирачка, до този момент не е проведено задълбочено и обстойно изследване по отношение на екологичния ефект от регенерирането на електрическата енергия произведена при спиране и върната обратно в мрежата. Поради тази причина с настоящия доклад ще се постави началото на тези изследвания и ще се определи по-детайлно крайния екологичен ефект от употребата на системи за рекуперация при спиране.

Превозната дейност в железопътния транспорт извършвана с електрическа тяга за 2016 год. е използвала електроенергия в размер на 24 хил. тне (тона нефтен еквивалент) [3]. При експлоатация на подвижен състав изцяло оборудван със система за рекуперация на електроенергия при спиране, може да се предположи, че ще се понижи потреблението на електроенергия в порядъка на  $4,5 \div 7$  хил. тне по-малко в

сравнение с моментната ситуация. Това ще доведе до намаляване на количеството изхвърлени вредни вещества в околната среда. Сам по себе си този факт представлява сериозен принос към опазване на околната среда. Повишаването на ефективността на оползотворяването на енергията от ЕТС в железопътния транспорт с „някакъв процент води до намаляване на замърсяването на околната среда със същият процент” [2]. Поради тази причина процес, при който получаването на максимални резултати при минимални разходи на енергия се счита за ефективен и екологичен.

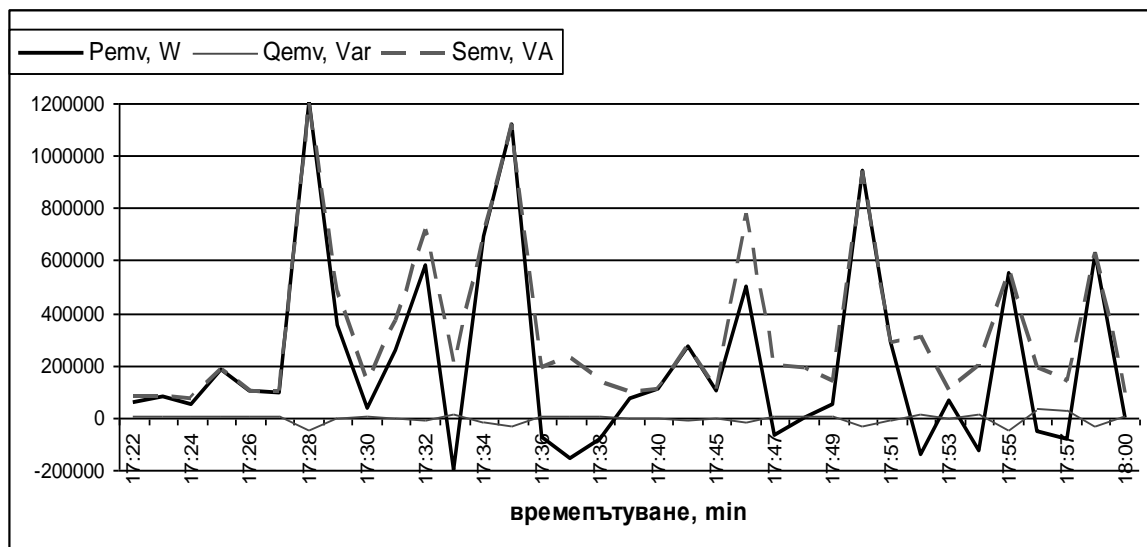
Основните аспекти за реализиране на икономии на енергия в железопътния транспортен процес са:

- Технологично усъвършенстване на процесите системите и съоръженията;
- Автоматично управление и регулиране на скоростта при движение на влаковите състави;
- Оптимизиране на графика за движение на влаковете;
- Максимално оползотворяване на товароподемността на вагоните и влаковете;
- Ограничаване до минимум на временните намаления по железния път и извънредните спираня.

В настоящия доклад ще се обърне внимание само на технологичната система за рекуперативно спиране и екологичния ефект от нея.

## СЪЩИНСКА ЧАСТ

За да се придобие реална представа за екологичния ефект от рекуперативното спиране в железопътния транспорт е необходимо да се отчита освен изразходваната електроенергия и върнатата такава от системите за рекуперативно спиране.



Фиг. 1. Изменени посоката на мощностите при движение и спиране на състава.

Електрическата спирачка е интегрирана в тяговата уредба. Тя се управлява с лоста "движение/спиране", чрез блока за управление на спирачката. На фигура 1 са показани графиките на мощностите при движение на моторисен състав, получени от експерименталното измерване. Вижда се, че благодарение на допълнително включение в силовата схемачетириквандрантен преобразувател, се осигурява възможност за връщане на регенерираната електрическа енергия в мрежата. Също така ясно се очертават моментите, в които генерираната енергия, тази с отрицателна стойност, се връща обратно в мрежата. Във всеки един случай на поява на мощност с отрицателна

стойност имаме употреба на рекуперативната спирачка с цел спиране или ограничаване на скоростта.

При определяне на общия разход на електроенергия участие взема и рекуперативната енергия. Това може да се изрази математически чрез формула (1)

$$E_{об} = E_{дв} + E_{сн} - E_{рк} \quad (1)$$

където  $E_{об}$ , kWh е общ разход на енергия;

$E_{дв}$ , kWh - разход за движение;

$E_{сн}$ , kWh - разход за собствени нужди;

$E_{рк}$ , kWh - енергия от рекуперация.

За да се получи реална представа за разхода на енергия при състави, оборудвани със спирачна система за рекуперативно спиране, е необходимо да се използва специфичния разход на енергия -  $e$ . Той отразява употребената енергия за определен обем извършена работа и представлява отношението на общата консумирана от КМ електрическа енергия и brutната превозна работа (брутотон-километър), извършена от подвижния състав. Определя се по формулата:

$$e = \frac{E}{QS}, \text{ (Wh/tkm)} \quad (2)$$

където  $E$ , Wh е разход на енергия;

$Q$ , t - тегло на влака;

$S$ , km – изминат път.

Показателят, определен по формула (2), дава общата енергоемкост на транспортния процес. В практиката този показател служи за оценка на енергийната ефективност на превозите. На тази база може да се направи пълен енергиен анализ на превозната работа и от там да се определи екологичния ефект от използването на рекуперативната спирачка.

Средният разход за всички видове пътнически влакове е 38,38 Wh/бр.tkm, което представлява 1,8 пъти по-голям енергиен разход спрямо товарните превози.

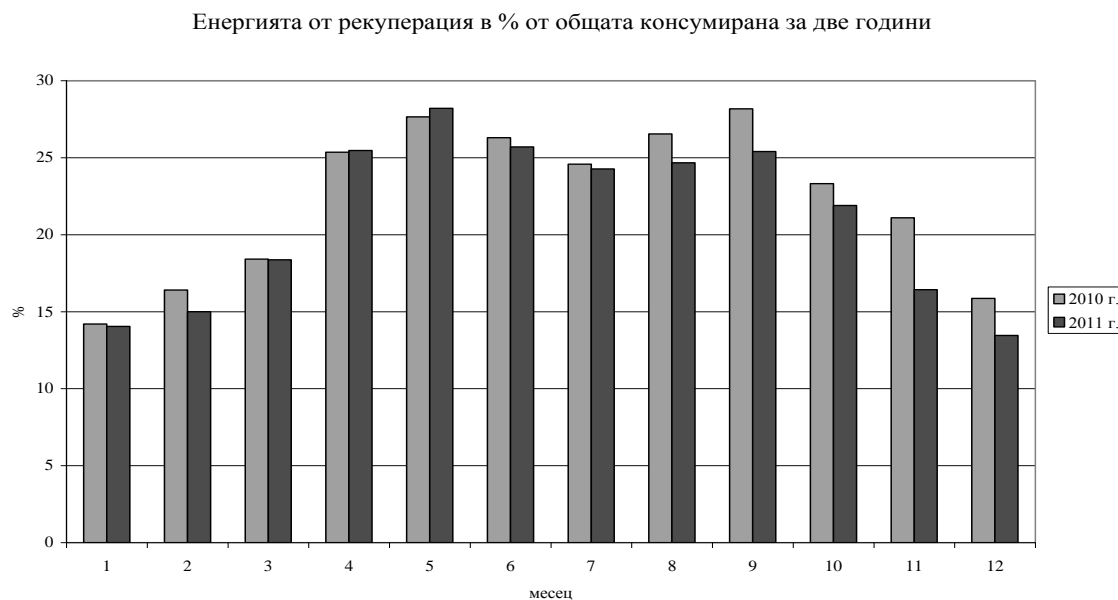
За нуждите на изследването в държавния железопътен превозвач бе проведено измерване на доставената и върната енергии за период от една година. Данните са отчетени от електромери ЛЕМ монтирани във всяко едно ЕМВ. Общо мотрисите са 25 бр., от които 15 бр., серия 30-00 /тривагонни/ и 10 бр., серия 31-00 /четиривагонни/. Резултатите от измерването са представени в таблица № 2.

Таблица № 2. Проследяване на консумираната и върната енергии от ЕМВ за 2011 г.

ЕМВ	Използвана енергия, kWh	Енергия от рекуперация, kWh	Изминато разстояние, km	Специфичен разход на енергия, Wh/tkm	Маса на състава, t
30-00	11646019	2322405	1977044	35,458	133
31-00	9513444	1923323	1365711	35,855	155

Сравнявайки двете серии ЕМВ се констатира, че специфичният разход на електроенергия, с отчитане на рекуперацията, е приблизително един и същ 35,6 Wh/ tkm. Без рекуперативна спирачка тези състави биха имали специфичен разход на енергия от порядъка на 44,615 Wh/ tkm, което представлява над 20,20 % разлика.

При серия 31-00 консумацията на електроенергия за километър е около 16 % по-голяма от тази на 30-00. Също така рекупериранията електроенергия за изминат километър е с 21,58 % по-голяма при 31-00. Тези разлики се дължат на по-голямата маса и завишените разходи за собствени нужди от допълнителния вагон.



**Фиг. 2. Сравнение на енергията от рекуперация в % от общата за период от две години.**

На фигура 2 е представено отношението в % на регенерирана от рекуперация електроенергия спрямо изразходваната за период от две години и отразява влиянието на годишните сезони върху общия разход. През зимата той е по-голям от летния период, поради компенсирането на по-големи температурни разлики от климатичните инсталации. Средногодишното отношение на върнатата енергия спрямо изразходваната е приблизително 20 %, като минималното е 14 %, а максималната стойност достига до 26 %.

Продължителното наблюдение на екологичното влияние на електроенергийното производство у нас показва, че енергетиката ни не може да се определи като екологична. Това се дължи преди всичко на преобладаващите термични централи на въглища, явявайки се и най-голям източник на парникови газове. Поради тази причина за 2008 година според [1], стойността на емисионната интензивност възлиза на 555 g CO<sub>2</sub>/ kWh и стойността на екологичен еквивалент, определен за крайно енергийно потребление от 683 g CO<sub>2</sub>/ kWh. Заложеното понижаване стойността на емисионната интензивност до края на 2020 година от 156 g CO<sub>2</sub>/ kWh се очаква да доведе до снижаване на екологичния еквивалент за крайно енергийно потребление до прогнозна стойност от около 200 g CO<sub>2</sub>/ kWh.

Прилагайки стойността на екологичен еквивалент, в размер на 683 g CO<sub>2</sub>/ kWh към специфичният разход на електроенергия от 35,6 Wh/ tkm ще получим стойността на екологичния еквивалент за бруто тонкилометър, която възлиза на 24,341g CO<sub>2</sub>/tkm.

Без използването на рекуперативното спиране, стойността на въглеродния еквивалент би достигнала до 30,472g CO<sub>2</sub>/tkm, което представлява завишение от 20,12 %.

Направеното изследване и последвалия анализ на получените резултати потвърждават, че „повишаването на ефективността на ЕТС в железопътния транспорт с

някакъв процент води до намаляване на замърсяването на околната среда със същият процент”.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

- Съвременните ЕТС за пътнически превози успяват да реализират по-добър специфичен разход в сравнение с цялото пътническо движение поради завишен комфорт на пътниците от наличие на климатизатори;
- Екологичния еквивалент за бруто тонкилометър от 24,341 g CO<sub>2</sub>/tkm при пътническото движение с ЕМВ надвишава средната годишна норма за целия железопътен транспорт с 17,834 %;
- Подобряването на енергийната ефективност с 20 % води до намаляване на екологичния еквивалент за бруто тонкилометър със същият процент.

### **ЛИТЕРАТУРА:**

- [1] Енергийна стратегия на Република България до 2020 г. – За надеждна, ефективна и почиста енергетика, МИЕТ, 2011 г.
- [2] Киров Д. , Инженерна екология, Техника, София, 2011
- [3] <http://www.nsi.bg/bg/content/12372/>

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

**Илко Тарпов**  
[estsb\\_plovdiv@abv.bg](mailto:estsb_plovdiv@abv.bg)

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

***Key words:*** ecology, ecologyprint, regenerativesuspension, railwaytransport, energyefficiency.

***Abstract:*** In order to improve the ecological impact on the transport people need to develop and adopt technologies and systems, which increase the energy efficiency in this sector. The decrease of the energy expenses in each and every economic activity would lead to their improved ecological intensity. Therefore, the European standards for decreasing the ecological intensity in the transport should be realized through searching for reserves in the contemporary technologies, which have not been considered as renewable until this point.

*This report will make the start on a research on the ecological effect of the regenerative energy produced by stopping and returned back to the network. Moreover, the end ecological impact of the usage of regenerative stopping systems will be discussed in detail. Applying regenerative stopping decreases the electro energy consumption in the whole railway system and would lead to decrease in the quantity of noxious substances in the environment. Additionally, an energy analysis of the transportation work will be presented and based on that the ecological effect of the utilization of the regenerative stopping will be defined.*