

ВЛИЯНИЕ НА ВРЕМЕННИТЕ ОГРАНИЧЕНИЯ НА СКОРОСТТА ВЪРХУ РАЗХОДА НА ЕНЕРГОРЕСУРС ЗА ВОЗЕНЕ НА ВЛАКА

Веселин Стоянов

ves@vtu.bg

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”,
катедра „Транспортна техника”, ул. “Гео Милев” 158, София 1574,
БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: енергоресурс, скорост, участък, влак, управление

Резюме: Извършен е числен експеримент за изменението на енергоресурса при движението на влак в участък с временно ограничение на скоростта. Изследвано е влиянието на алгоритмите за управление на локомотива върху разхода на гориво. Направени са изводи за въздействието на временните ограничения на скоростта върху енергийния и времеви ресурси, необходими за возенето на влака.

1. Увод

В експлоатационната практика често се въвеждат временни ограничения на максимално допустимата скорост на движение на влаковете. Това се прави по различни причини: влошено състояние на железния път, извършване на ремонтни работи, амортизирани релейни уредби за ключови зависимости в гарите (РУКЗ) и т.н.

Налагането на такива ограничения на скоростта като правило води до увеличаване на времепътуването, т.е. до снижаване на средната скорост на движение. Едновременно с това обаче то предизвиква и увеличаване на разхода на енергоресурс от локомотивите, тъй като понижаването на скоростта преди началото на ограничението е свързано с гасене на част от кинетичната енергия на състава в спирачната система на влака. Този вреден ефект е изследван в [1], където авторите с помощта на симулационна програма са моделирали движението на влак по реален участък (Перник-Дупница) без и с ограничения на скоростта до 25 km/h в гарите с РУКЗ. В резултат на това е установено, че лимитирането на скоростта до такива стойности увеличава разхода на енергоресурс средно с около 20%.

Тъй като у нас не са правени други подобни изследвания, целесъобразно е да се проведат още числени експерименти, за определяне влиянието на различни фактори върху потреблението на енергия при возене на влака.

В настоящето изследване е разгледан разхода на енергоресурс в участък с временни ограничения на скоростта, в зависимост от дължината на участъка, масата на влака, скоростта на въведените ограничения и профилът на пътя. За провеждане на числените експерименти е използвана разработената в ТУ-София симулационна програма SIMOL [2,3,4].

2. Разход на енергоресурс в участък с временни ограничения на скоростта.

За обект на изследването е избран участък с дължина 15000 m с постоянен наклон, като стойностите му варираха от -15 ‰ до $+15 \text{ ‰}$. Избраната дължина позволява прилагане на различни алгоритми на управление на влака[5]. Пресмятанията са направени за влакове с маса 330 t и 500 t, теглени от локомотив серия 07. Максимално допустимата скорост на движение за целия участък е приета за равна на 80 km/h. Прието е, че има едно временно ограничение с дължина 1000 m, разположено в средата на участъка. Пресмятанията са направени за стойности на скоростта в ограничението 40 km/h и 25 km/h.

Тъй като, както е добре известно, стратегията на управление до голяма степен определя енергийната ефективност на возенето на влака, на анализ са подложени преди всичко резултатите, отговарящи на пътуването с максимална скорост, където влиянието на този фактор практически се елиминира.

Резултатите от проведените експерименти са дадени в Табл. 1 и Табл. 2.

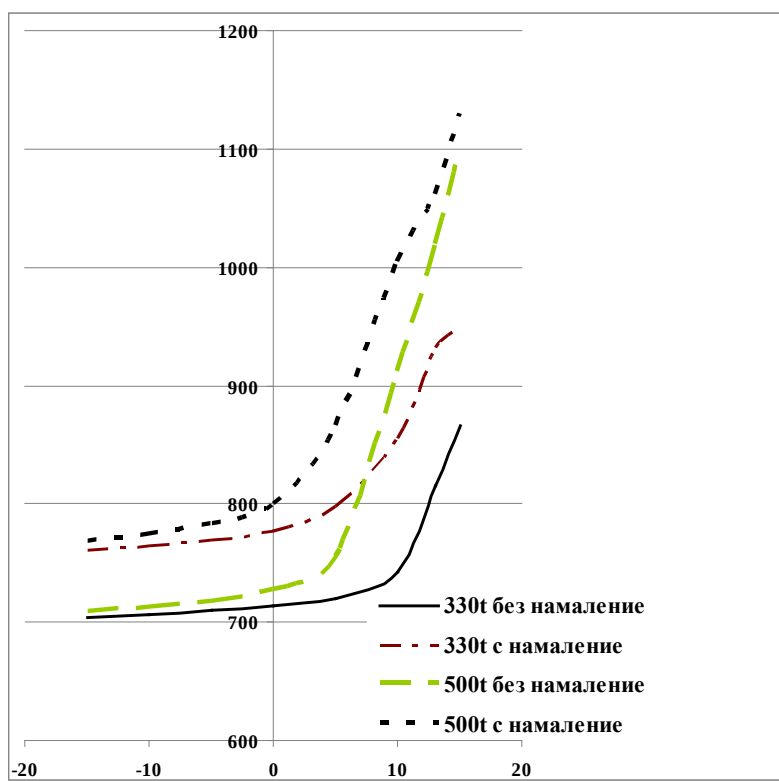
Таблица 1 Разход на енергоресурс при ограничение на скоростта и различни маси на влака.

330 t					500 t				
Наклон [‰]	без намаление		с намаление		Наклон [‰]	без намаление		с намаление	
	$T_{\min}$ [s]	$G_{T\min}$ [kg]	$T_{\min}$ [s]	$G_{T\min}$ [kg]		$T_{\min}$ [s]	$G_{T\min}$ [kg]	$T_{\min}$ [s]	$G_{T\min}$ [kg]
-15	704	9,07	761	13,08	-15	709	10,83	768	16,16
-10	706	10,55	765	15,29	-10	712	12,41	774	19,13
-5	710	29,09	770	32,52	-5	718	37,36	783	42,11
0	714	51,13	777	53,74	0	727	64,96	801	69,55
5	720	68,33	798	71,92	5	756	92,41	866	95,11
10	742	90,67	855	93,45	10	912	111,85	1004	114,17
13	815	99,75	931	102,38	13	1020	125,38	1061	127,53

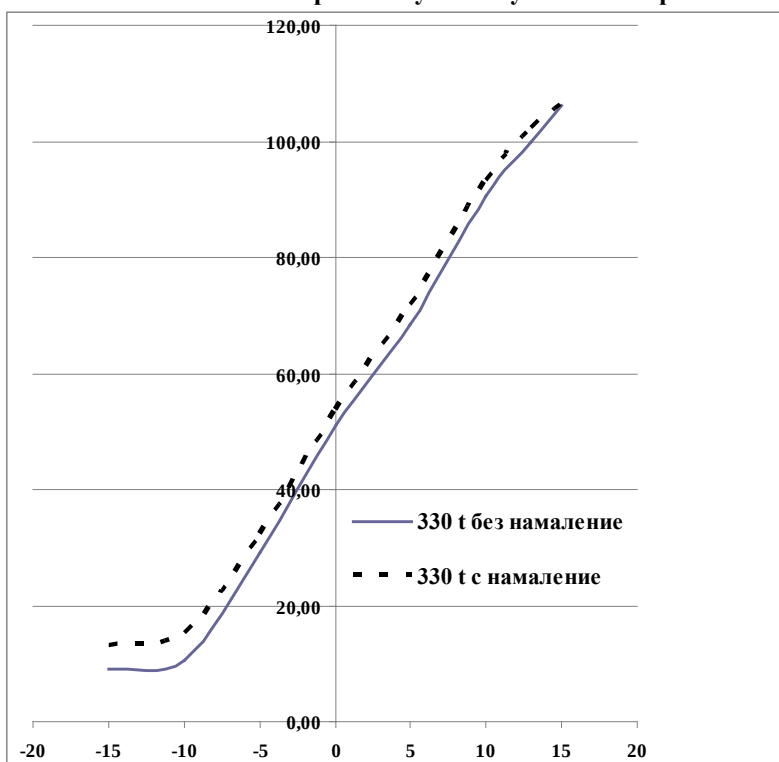
Таблица 2 Разход на енергоресурс с прилагане на различни алгоритми на управление на влака.

БЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ТРИОНООБРАЗНА ТРАЕКТОРИЯ												
Наклон [‰]	330 t						500 t					
	без намаление			с намаление			без намаление			с намаление		
	G [kg]	$T_{\min}$ [s]	$G_{T\min}$ [kg]	G [kg]	$T_{\min}$ [s]	$G_{T\min}$ [kg]	G [kg]	$T_{\min}$ [s]	$G_{T\min}$ [kg]	G [kg]	$T_{\min}$ [s]	$G_{T\min}$ [kg]
0	35,37/1081	714	51,13	34,65/1083	832	53,53	45,25/1083	727	64,96	44,56/1083	858	68,56
5	58,19/1082	720	68,33	57,19/1082	851	71,89	75,09/1083	756	92,41	74,47/1081	906	95,80
С ИЗПОЛЗВАНЕ НА ТРИОНООБРАЗНА ТРАЕКТОРИЯ												
Наклон [‰]	330 t						500 t					
	без намаление			с намаление			без намаление			с намаление		
	G [kg]	$T_{\min}$ [s]	$G_{T\min}$ [kg]	G [kg]	$T_{\min}$ [s]	$G_{T\min}$ [kg]	G [kg]	$T_{\min}$ [s]	$G_{T\min}$ [kg]	G [kg]	$T_{\min}$ [s]	$G_{T\min}$ [kg]
0	22,05/1084	714	51,13	29,76/1087	832	53,53	28,71/1090	727	64,96	42,68/1087	858	68,56
5	43,29/1080	720	68,33	48,05/1083	851	71,89	63,55/1083	756	92,41	71,17/1081	906	95,80

Както се вижда, при въвеждане на ограничение на скоростта минималното възможно времепътуване (фиг.1) и разходът на дизелово гориво (фиг. 2) закономерно нарастват.



Фиг. 1 Увеличаване на минималното времепътуване в участък с ограничение на скоростта.



Фиг. 2 Увеличаване на разхода на гориво в участък с ограничение на скоростта.

Тази закономерност се наблюдава както при по-лекия влак (с маса 330 t), така и при по-тежкия (с маса 500 t). И в двата случая разликите във времепътуванията и в разхода на гориво са по-големи при отрицателните наклони, като при стойности от -15 до -10 ‰ разходът на енергоресурс при наличие на временно ограничение на скоростта е с 40-50% по-висок. Това се дължи на значителната загуба на кинетична енергия при задействане на спирачката преди навлизане в зоната на ограничението.

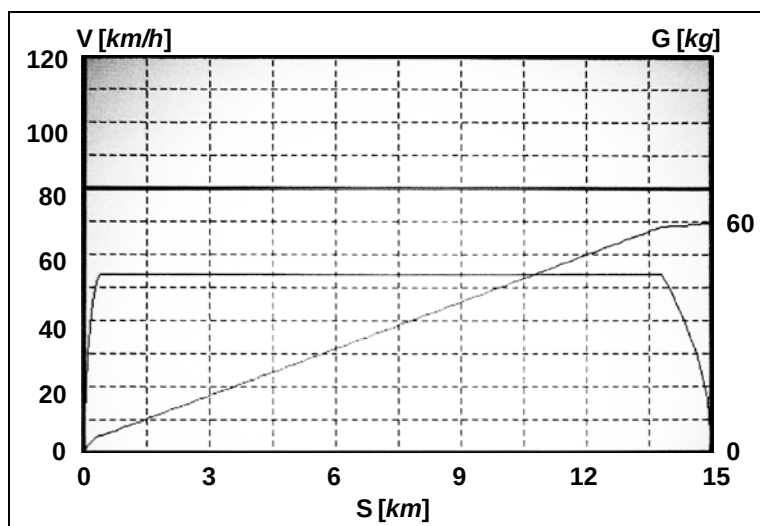
При положителни наклони разликата в изразходвания енергоресурс при движение с и без ограничение на скоростта е по-малка – между 1 и 7 % (фиг. 3).

За установяване влиянието на стратегията на управление върху разхода на дизелово гориво при наличието на временно ограничение са пресметнати варианти за движение по равнинен участък и по наклон +5 ‰ при същите маси на влака - 330 t и 500 t. В този случай максимално допустимата скорост във временното ограничение е приета 25 km/h.

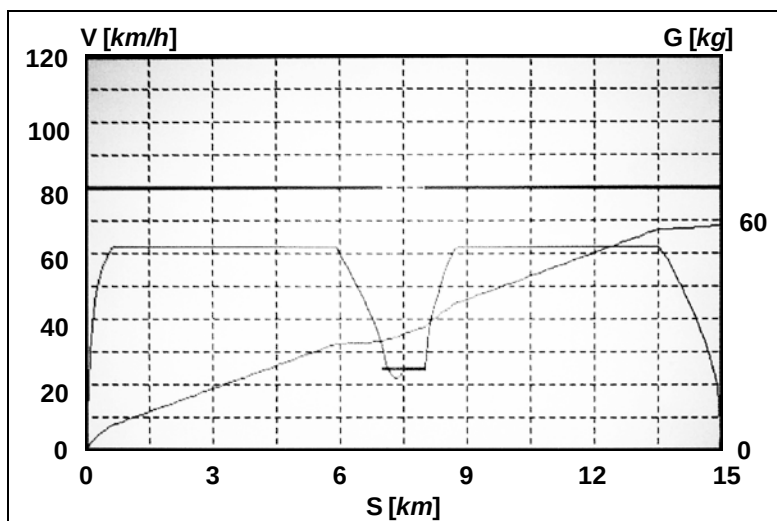
При прилагане на трионообразна траектория въвеждането на ограничение на скоростта предизвиква повишение на разхода на гориво с около 5-7%. Ако обаче машинистът се придържа към по-прост алгоритъм на управление, изразходваното гориво при наложено ограничение може да се окаже по-малко от количеството, необходимо за пътуване без ограничение.

Този на пръв поглед парадоксален резултат има логично обяснение. Анализът на диаграмата $s=f(v)$ показва, че в този случай, за да бъде спазено времепътуването, се налага локомотивът да бъде ускоряван по-продължително и съответно до по-висока скорост както след потеглянето, така и след излизане от зоната на ограничението. А това, както е добре известно, е свързано с работа с по-висока мощност, т.е. с по-високи стойности на КПД на силовия комплекс.

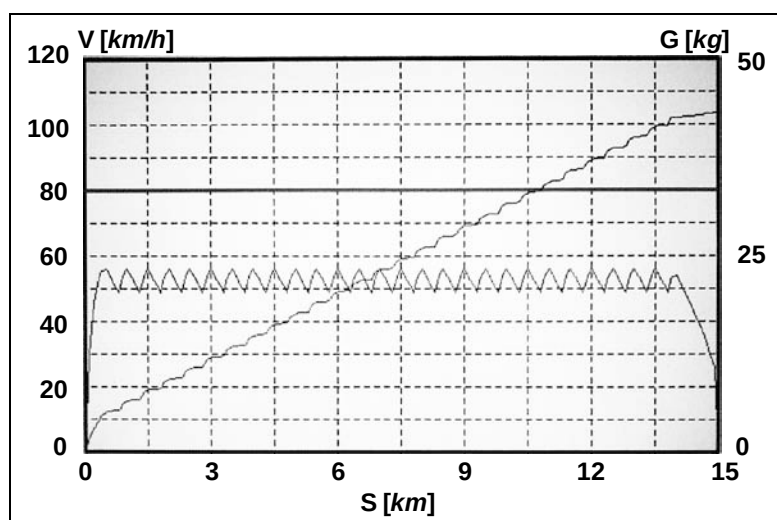
На практика кривата $s = f(v)$ в този случай изглежда като трионообразна траектория с два върха, разположени преди и след ограничението – фиг. 3÷6.



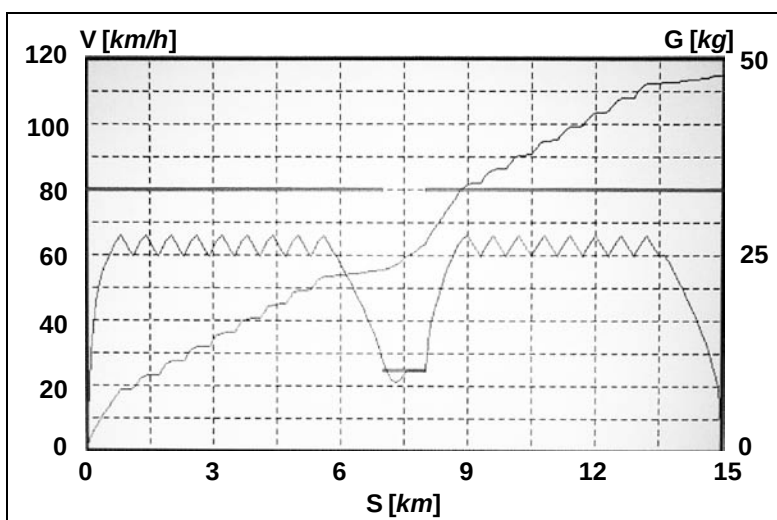
Фиг. 3. Движение с използване на четирифазова траектория, без временно ограничение на скоростта.



Фиг. 4. Движение с използване на четирифазова траектория, с въведено временно ограничение на скоростта – 25 km/h.



Фиг. 5. Движение с използване на триънообразна траектория, без въведено местно ограничение на скоростта.



Фиг. 6. Движение с използване на триънообразна траектория, с въведено местно ограничение на скоростта – 25 km/h

От направеното изследване могат да бъдат направени следните изводи:

1. Потвърждава се отрицателното влияние на временните ограничения на скоростта върху енергийната ефективност на локомотива. Увеличението на разхода на гориво при въвеждане на ограничение се движи между 40-50% при движение с максимално възможна скорост (минимално времепътуване) и 2-7 % при нормално пътуване.
2. Масата на влака не оказва голямо влияние върху влошаването на енергийната ефективност при въвеждане на временни ограничения на скоростта.
3. Използването на опростени алгоритми на управление (без трионообразна траектория) в определени случаи може да се окаже контрапродуктивно, тъй като не позволява да се използват всички резерви, свързани с работата в областта на високата икономичност.
4. Целесъобразно е да продължат изследванията по този въпрос, за да се получат повече данни за влиянието на различните експлоатационни фактори върху влошаването на енергийната ефективност при въвеждане на местни ограничения на скоростта.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Стоянов Д., О. Кръстев. Влияние на ограниченията на скоростта в някои гари върху разхода на енергоресурс за тягови нужди. Железопътен транспорт № 5/1999.
- [2] Кръстев О.К., Снижаване на разхода на енергоресурс за тягови нужди чрез оптимално разпределение на заложения в графика за движение на влаковете ресурс от време, Дисертация за получаване на образователна и научна степен Доктор, ТУ-София, 2001.
- [3] Стоянов, Д., О. Кръстев, Б. Дамянов. Пакет симулационни програми за изследване на влиянието на алгоритмите на управление на локомотива върху разхода на енергийния и времеви ресурс. Пета научно-техническа конференция с международно участие "Транспорт, екология - устойчиво развитие ЕКО ВАРНА '99", Сборник доклади, В.,1999.
- [4] Стоянов, Д., О. Кръстев. Метод за избор на алгоритъм за енергийно-ефективно управление на локомотива с отчитане въздействието на някои експлоатационни фактори. Десета научна конференция с международно участие на ВВТУ, С., Сборник доклади, 1997.
- [5] Стоянов, Д., О. Кръстев. Влияние на дължината на участъка върху броя на режимите в алгоритмите за енергийно ефективно управление на локомотива. С., Железопътен транспорт бр. № 1, 1998