

## ИМИТАЦИОНЕН МОДЕЛ НА ЖЕЛЕЗОПЪТЕН УЧАСТЪК

Красимир Атанасов, Мирена Тодорова  
[k-atanasov@abv.bg](mailto:k-atanasov@abv.bg), [mirena\\_todorova@abv.bg](mailto:mirena_todorova@abv.bg)

ВТУ “Тодор Каблешков”, София  
България

**Ключови думи:** имитационен модел; железопътен участък; GPSS-софтуер

**Резюме:** Управлението на движението на влаковете по железопътните участъци е сложен процес обхващащ осигуряване на движението в зависимост от вида на линията, начина за осигуряване на движението в междугарията, осигуряването на движението в гарите в зависимост от централизацията им, броя на приемно-отправните коловози и вида и броя на влаковете от различни категории. Железопътният участък може да се разглежда като транспортна система състояща се от взаимодействащи помежду си технологични подсистеми – междугария и гарии. За изследване на параметрите на участъка по отношение на техническа съоръженост и реализация на даден график за движение на влаковете е необходимо симулиране на работата на транспортна система „железопътен участък“. Разработен е имитационен модел на железопътен участък състоящ се от едноканални системи (междугария) и многоканални системи (гарите) за масово обслужване, който дава възможност да се реализира пропускане на влаковете при различни параметри на участъка и на влаковото движение използвайки General Purpose Simulation System (GPSS). Моделът дава възможност за изследване на системата железопътен участък и нейната относителна заетост в зависимост от техническата съоръженост и големината на влаковото движение. Разработеният модел може да се прилага за всеки участък при задаване на входните параметри.

### ВЪВЕДЕНИЕ

В контекста на членството ни в Европейския съюз пред България възниква необходимостта от подобряване на железопътния транспорт, включващо: усъвършенстване и модернизиране на техническото състояние на железопътната инфраструктура; своевременно обслужване на пътниците и товародателите; изграждане на съвременни компютърни системи за управление на превозния процес; подобряване на осигурителната техника в гарите и повишаване сигурността и безопасността на превозите чрез внедряване на модерни системи за осигуряване движението на влаковете; изготвяне на максимално удобни за пътниците графици и схеми на пътническите влакове; повишаване скоростта на движение по железопътните линии и минимизиране срока за доставка на товарите. Важно значение има и внедряването на нова технология за извършването на превозите и управление на транспортния процес. Организацията на движението на влаковете се реализира по железопътните линии на базата на предварително разработен и утвърден график, в който се отразяват редица параметри в зависимост от вида на влаковете, тяхната тежина и спецификата на

инфраструктурата. Движението на влаковете по железопътните участъци може да се разгледа като сложна транспортна система.

За моделиране на сложните транспортни системи е подходящо те да се разглеждат като мрежа от свързани и взаимодействащи помежду си технологични подсистеми. Процесите в тези системи могат да се опишат с помощта на теорията за масовото обслужване (ТМО). За целта същите се представят като системи за масово обслужване (СМО), при които се отчита въздействието на случайни фактори, както върху интервалите от време между пристигане на заявките, така и върху времената за обслужване на заявките в отделните СМО. Създаването на модел на реална транспортна система не е лесна задача, тъй като изисква много добро познаване на същността на протичащите в нея процеси и наличието на удобен инструмент за реализация на модела. За реализирането на имитационен модел на „железопътен участък“ ще се използва General Purpose Simulation System (GPSS).

## **МОДЕЛ НА ЖЕЛЕЗОПЪТЕН УЧАСТЪК**

Езикът GPSS е транзактно-ориентиран език и се прилага при имитация на пространствено движение на физически и логически обекти при фиксирана функционална структура на моделираната дискретна система. Реализирането на имитационни модели на базата на език GPSS се основава на теорията на масовото обслужване, чрез която сложните обекти се представят като системи за масово обслужване (СМО).

За да се разработи имитационен модел на „железопътен участък“ се използват следните СМО:

- ◆ еднопътното междугарие се разглежда като отделно едноканално обслужващо устройство;

- ◆ двупътното междугарието ще се представя, като две едноканални обслужващи устройства, които ще се заемат в зависимост от посоката на движение по съответните направления на влаковете;

- ◆ гарите в избрания участък ще се представя като могоканално обслужващо устройство със брой на каналите равен на броя на приемно-отправните коловози;

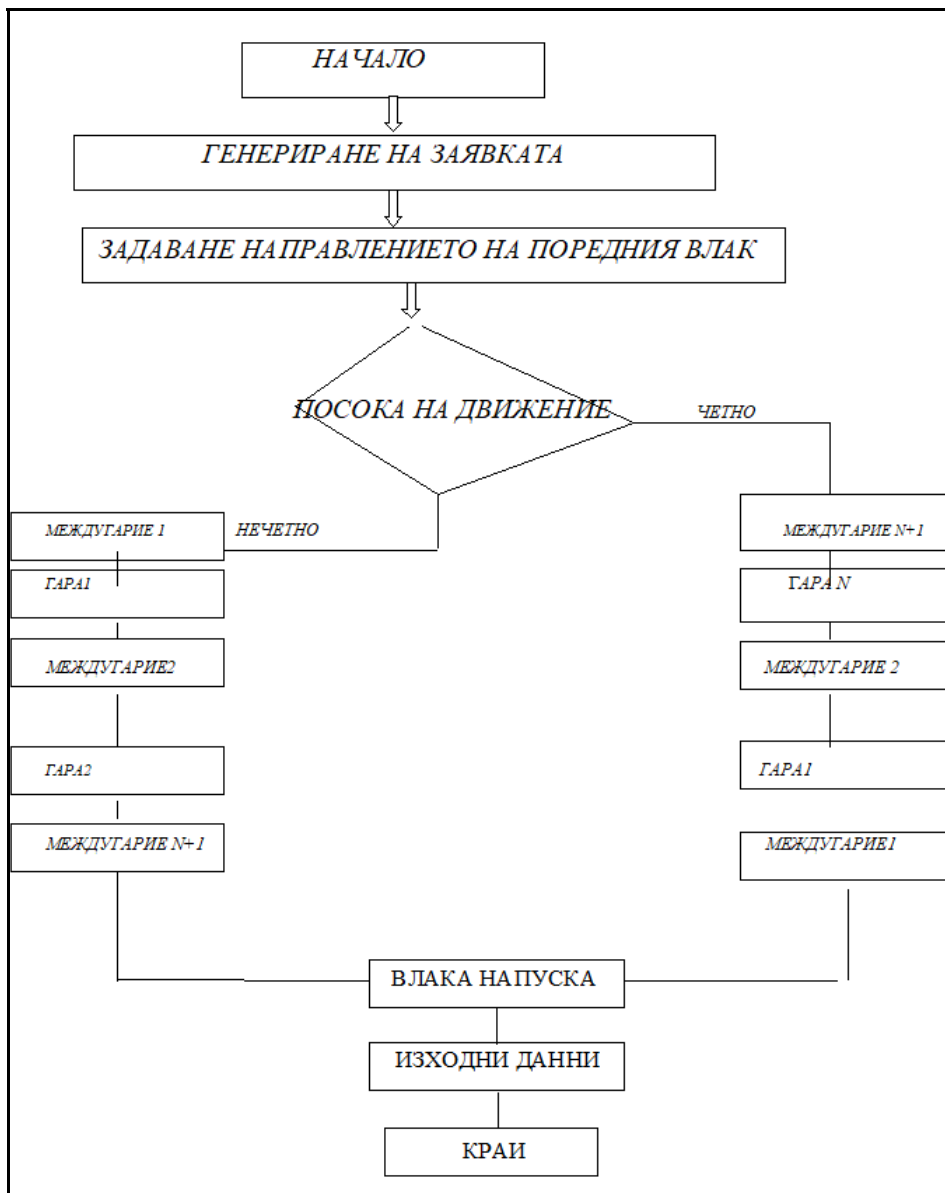
- ◆ спирките няма да се представя чрез СМО, а ще се увеличава времепътуването на междугарието между гарите с време равно на времето за преминаване през спирката и престоя на пътническите влакове спиращи там.

Моделния алгоритъм на избрания участък се реализира в три основни сегмента:

- ◆ първи сегмент генериране на заявките(влаковете), модалното време и събира статистика за престоя в СМО (участъка);

- ◆ втори сегмент дава последователността на движението на влаковете в нечетно направление от момента на тяхното постъпване като заявка за обслужване в СМО(участъка) чакаща в участъковата гара. След освобождаване на междугарието, заявката преминава последователно през елементите на СМО-междугарията и гарите в участъка до момента на нейното напускане;

- ◆ сегмент три представлява движението на влаковете в четно направление от момента на тяхното влизане в СМО(участъка) до момента на напускане на СМО.

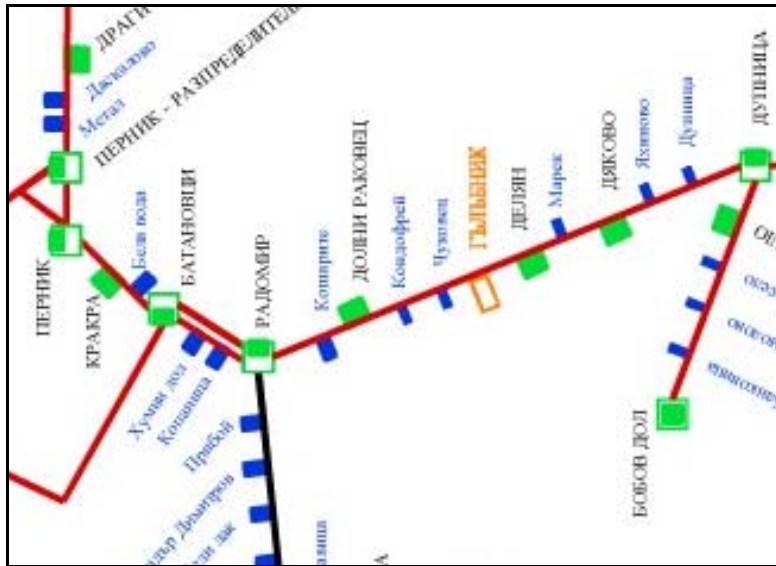


Фиг.1 Блок схема

Блок схемата на реализирания модел е дадена на Фиг.1. Генерирането на заявките се реализира по нормален закон с задаване на интервала между влаковете. При блока „Задаване на направлението на поредния влак“ се генерира вида на влака - бърз влак (БВ), пътнически влак (ПВ) или товарен влак (ТВ) в съотношение дадено в зависимост от реалния ГДВ и направлението му в четна или нечетна посока. В зависимост от направлението на влака той се придвижва към блока, който определя придвижването му по даденото направление. При движението си по участъка заемането на дадено междугарие става в зависимост от вида на влака и посоката му, като съответните времепътувания се задават таблично. Гарите се задават като многоканални устройства с брой на каналите равен на броя на приемно-отправните им коловози.

### ПРИЛАГАНЕ НА РАЗРАБОТЕНИЯ МОДЕЛ ЗА КОНКРЕТЕН УЧАСТЪК

За тестване на разработеният модел се избира участъка Перник-Дупница, който се състои от двет гарии и десет междугария и е даден на Фигура 2.



Фиг.2 Железопътен участък Перник-Дупница

Девет от междугарията са еднопътни, а едно е двупътно (БАТ–РД). За да се реализира модела се залага времепътуването по междугария по категория влакове

Таблица 1

междугарие		категория на влаковете					
		БВ		ПВ		ТВ	
		времепът		времепът		времепът	
		четно	нечет	четно	нечет	четно	нечет
1	Mg1	3	3	4	3	4	3
2	Mg2 -21	4	4	5	5	5	5
3	Mg3	7	7	8	8	7	7
4	Mg4	9	9	11	11	10	10
5	Mg5	7	7	8	8	7	7
6	Mg6	4	4	5	5	5	5
7	Mg7	8	8	10	10	9	9
8	Mg8	9	9	11	11	10	10
9	Mg9	10	10	13	13	11	11
10	Mg10	7	7	9	9	8	8

Коловозното развитие в гарите е различно и в зависимост от броя на приемно-отправните коловози се залагат и броя на каналите в многоканалните устройства отразяващи работата на гарите по осигуряване на движението. Престоите в гарите се дава в зависимост от категорията и ГДВ, като за товарните няма престой, а се получава в зависимост от придвижването на транзакта отговарящ за съответния влак.

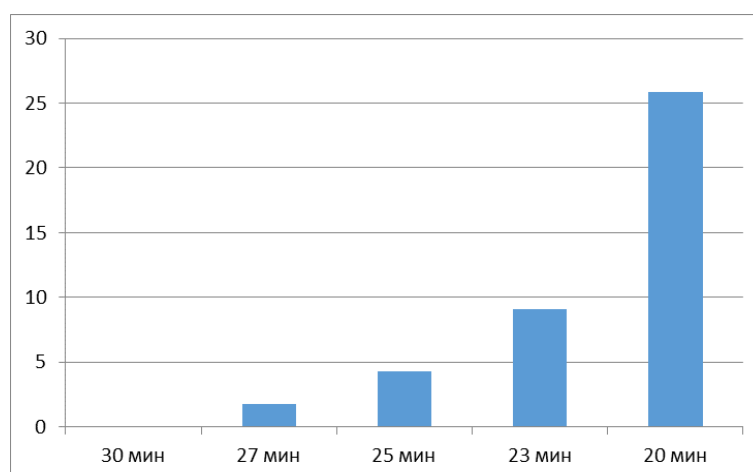
В този случай техническата съоръженост се залага реалната за разглеждания участък. Изследва се промяната в участковата скорост, относителната заетост на междугарията и гарите, и престоя в системата /участъка/ в зависимост от интензивността на входящия поток показана на графиките, чрез интервала на постъпване на влаковете в участъка.

Промяната на участкова скорост и времепътуването се дължи на престоите за очакване на освобождаване на междугарие или приемно-отправен коловоз в гарите (Фиг.3 и 4).



**Фиг.3** Зависимост на участъковата скорост от интервала на постъпване на заявките

Поради това, че участъка е почти цялостно еднопътен, промяната в интервала на постъпване на заявката се отразява значително върху времепътуването на влаковете, защото се увеличава значително престоя по гарите за да може да се осигури разминаването на влаковете.



**Фиг. 4** Темп на растежа на времепътуването на влаковете в зависимост от интервала на постъпване на заявките

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Управлението на движението на влаковете се базира на параметрите на участъците и заложения ГДВ. При съставяне на ГДВ се използват предварително определени нормативни времена за движения и престои на влаковете в гарите и междугарията. При реалното движение на влаковете в много от случаите тези нормативи не могат да се изпълнят, като част от престойте се увеличават в зависимост от експлоатационната обстановка. Разработеният имитационен модел за движение на влаковете в железопътен участък позволява изследването на влиянията на интензивността на движението и техническата съоръженост в участъците върху общото времепътуване, средната участъкова скорост, относителната заетост на всички съоръжения, както и на пропускателната способност на даден участък от железопътната мрежа.

Така разработеният модел, реализиран на симулационния език GPSS може да се прилага за всеки изследван участък, чрез въвеждане на конкретната му техническа съоръженост и интензивността на движението на влаковете в участъка.

## ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Качаунов Т. Тр., „Моделиране и надеждност на превозния процес”, София, ВТУ „Тодор Каблешков”, 1997
- [2] Качаунов Т, Карагъзов К., Купенов Д., Размов Т., „Имитационно моделиране на транспортните процеси“, София, ВВТУ „Тодор Каблешков”, 1998.
- [3] Качаунов Т. Тр., “Моделиране и оптимизация на транспортните процеси”, второ преработено издание, печатница при ВТУ “Тодор Каблешков”, София, 2005 г.
- [4] Размов Т., “Анализ на транспортни системи, чрез дискретно-събитийно моделиране“ - Механика Транспорт Комуникации ISSN 1312-3823, том 11, брой 3, 2013 г. статия № 0781
- [5] Райков, Р. Организация и управление на железопътния транспорт. печатна база при вмеи "ленин" - софия ,. с., 1985.
- [6] Нормативни актове в железопътния транспорт., С., Министерство на транспорта., 2006.
- [7] GPSS World - Minuteman Software
- [8] Todorova M, GPSS Simulation of Coach Yard Operation and Application of the Model to Optimize Performance, 22nd International Symposium EURO - Zel 2014 "Recent Challenges for European Railways", 03 - 04 June 2014, Žilina (Slovak Republic).

## IMITATION MODEL OF RAILWAY SECTION

**Krassimir Atanasov, Mirena Todorova**  
[k-atanasov@abv.bg](mailto:k-atanasov@abv.bg), [mirena\\_todorova@abv.bg](mailto:mirena_todorova@abv.bg)

***Todor Kableshkov University of Transport, Sofia,  
BULGARIA***

***Key words:*** imitation model; railway section; GPSS-software

***Abstract:*** The management of the train's traffic on railway sections is a complex process providing train movement depending on: the type of the line, the way of ensuring the movement in the interstations, the provision of traffic at stations depending on their centralization, the number of receiving station tracks. type and number of trains of different categories. The railway section can be regarded as a transport system consisting of interconnected technological subsystems – interstations and stations. For the examination of the parameters of the section with regard to technical equipment, the implementation of a train timetable and the occurrence of accidents, it is necessary to simulate the operation of a transport system "railway section". It is appropriate to regard of complex transport systems as a network of interconnected and interacting technological subsystems (in this case stations and interstations), when modelling. A imitation model of a railway section consisting of single-channel systems (interstations) and multi-channel mass service systems (stations) has been developed. This model makes it possible to realize the running of trains under different station and train traffic parameters, by using the General Purpose Simulation System (GPSS). The model allows for the examination of the system and its parameters at different technical equipment and train traffic size. The developed model can be applied for each studied section when setting the input parameters.