

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА МАКСИМАЛНИЯ, НЕОБХОДИМИЯ КАПАЦИТЕТ И РЕЗЕРВ НА ЖЕЛЕЗОПЪТНАТА МРЕЖА НА БАЗАТА НА ОБОЩЕНИ И АГРЕГИРАНИ ДАННИ

Тодор Размов
t.razmov@gmail.com

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”,
ул. “Гео Милев“ № 158, София 1574,
БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: железопътна мрежа, необходим капацитет на железопътната мрежа, максимален капацитет на железопътната мрежа, резерв на капацитета на железопътната мрежа, планово прекъсване на движението на влаковете, агрегирани данни

Резюме: Представена е методика за определяне на необходимия, максималния капацитет и резерва на капацитета на цялата железопътна мрежа. За целта са използвани обобщени, общодостъпни и агрегирани данни от Националния статистически институт и ДП НК”ЖИ”. Методиката предвижда използване само на годишни данни за превозените пътници и товари в железопътната мрежа, извършената работа от железопътния транспорт, реализираната влакова работа в железопътната мрежа, средната годишна участъкова скорост реализирана в железопътната мрежа и данни за дължината на железопътната мрежа и броя на междугарията. В нея са предвидени два варианта. Единият вариант е за определяне на капацитета и резерва му при график за движение на влаковете, в който не са заложен предварително планови прекъсвания на движението на влаковете, а другият вариант се прилага при график за движение на влаковете със заложен планови прекъсвания на движението с предварително определена продължителност. Оценено е влиянието на средната годишна участъкова скорост реализирана в железопътната мрежа и продължителността на плановите прекъсвания включени в графика за движение на влаковете върху максималния капацитет и резерва му. Методиката е предназначена за обобщена оценка на максималния капацитет и резерва на капацитета на цялата железопътна мрежа. Тя е приложена и е тествана с реални данни, като съответните резултати са представени и анализирани в изложението.

ВЪВЕДЕНИЕ

Определянето на максималния капацитет и резерв на капацитета обикновено се прави за елементи от железопътната инфраструктура, като железопътни междугария, железопътни участъци, железопътни линии и железопътни гари [1, 2, 3]. В случая изходните данни са подробни и конкретни.

Интерес представлява определянето на максималния, необходимия капацитет и резерва за цялата железопътна мрежа за смесено движение, като се използват обобщени

и агрегирани отчетни годишни статистически данни, а целта е разработването на подходяща методика за това.

Основните данни, които ще бъдат използвани са данни за превозени товари и извършена работа от товарния железопътен транспорт, данни за превозени пътници и извършена работа от пътническия железопътен транспорт, данни за движението на товарните и пътническите влакове и технически и технологични данни за железопътната мрежа. Данните са достъпни и могат да бъдат взети от сайтовете на Националния статистически институт на България [4] и на ДП НК „ЖИ” [5].

ИЗХОДНИ ДАННИ

Данните [4, 5], които ще бъдат използвани са: общо количество превозени товари за година в хиляди тона; извършена работа от товарния железопътен транспорт за година в милиона нето тон километра; общо количество превозени пътници от пътническия железопътен транспорт за година в хиляди пътници; извършена работа от пътническия железопътен транспорт за година в милиона пътник километра; извършена влакова работа извършена от товарния и пътническия железопътен транспорт за година в хиляди влак километра; извършена бруто тон километрова работа за година съответно от пътническите и товарните влакове; дължина на железопътната мрежа, брой на междугарията в железопътната мрежа, брой гари и разделни постове в железопътната мрежа и средна участъкова скорост реализирана в железопътната мрежа за дадената година.

МЕТОДИКА ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА МАКСИМАЛНИЯ И НЕОБХОДИМИЯ КАПАЦИТЕТ И РЕЗЕРВ ЗА ЦЯЛАТА ЖЕЛЕЗОПЪТНА МРЕЖА

Методиката е предназначена за определяне на максималния, необходимия капацитет и резерва на железопътната мрежа на базата на агрегирани данни, без да се разглеждат поотделно подсистемите и елементите ѝ. Изходните данни са две групи, едната е свързана с особеностите на железопътната мрежа, а втората група е свързана с реализираната влакова работа и трафик. Първата група обхваща: дължина на железопътната мрежа - L_m [км.]; брой на междугарията в железопътната мрежа - M_m [брой]; брой гари и разделни постове в железопътната мрежа - G_m [брой] и средна дължина на едно междугарие, определена като частно на дължината на железопътната мрежа и броя на междугарията в нея - $l_m = \frac{L_m}{M_m}$ [км.]. Втората група съдържа: брой на

влаковете за година заложи в графика за движение на влаковете - $N_{ГДВ}$ [вл./год.]; брой на влаковете (трафик) за година, за денонощие и за час, които са се движили реално в железопътната мрежа - N_{pc} [вл./год.], $N_{pd} = \frac{N_{pc}}{365}$ [вл./ден.],

$N_{pc} = \frac{N_{pd}}{24}$ [вл./час]; реализирана влакова работа в железопътната мрежа за една година - $A_{вл.км.}^M$ [вл.км./год.] и влак часове за една година реализирани в железопътната мрежа - $B_{вл.ч.}^M$ [вл.ч./год.]. Ако е известна средната участъкова скорост за мрежата $V_{уч.}^M$, то влак часовете $B_{вл.ч.}^M$ се определят като влак километрова работа $A_{вл.км.}^M$ се раздели на

средната участъкова скорост реализирана в железопътната мрежа - $B_{вл.ч.}^M = \frac{A_{вл.км.}^M}{V_{уч.}^M}$ [влак часа]. Влак часовете, които са реализирани за една година, съдържат в себе си в

агрегиран вид информация за техническите възможности на железопътната мрежа (допустими скорости за движение на влаковете по железопътните участъци, временни и постоянни ограничения на скоростите), технологичните възможности за управление на влаковото движение (качество на графика за движение на влаковете) и технически възможности на влаковете (допустими скорости за движение на вагоните и локомотивите и времена за засилване и спиране).

Ако са известни влак часовете реализирани в железопътната мрежа $B_{\text{вл.ч.}}^M$, то може да се определи средната участъкова скорост $V_{\text{уч}}^M = \frac{A_{\text{вл.км.}}^M}{B_{\text{вл.ч.}}^M}$ измерена в километри в

час, като $A_{\text{вл.км.}}^M$ е извършената влакова работа реализирана за една година в железопътната мрежа. Тази скорост е показател, чрез който може да се оцени цялостната експлоатационната дейност в железопътната мрежа. Определената средна участъкова скорост е за смесено движение. Влак часовете, които се използват за определянето ѝ съдържат в себе си влак часовете реализирани от всички категории пътнически и всички категории товарни влакове. Ако влак километрите реализирани от пътническите и от товарните влакове се разделят на съответните влак часове, то на тази база могат да бъдат определени средните участъкови скорости за пътническите и за товарните влакове.

Броят на влаковете, които са се движили реално в железопътната мрежа за денонощие $N_{\text{рѝ}}$ представлява необходимата пропускателна способност (капацитет) на железопътната мрежа, а броят на влаковете, които са се движили за час λ представлява интензивност на реализираното влаково движение. В случая изходните данни не съдържат брой на влакове, които са се движили в мрежата. Определянето им става по

видове: пътнически $N_{\text{рѝ}}^{\text{п}} = \frac{P_{\text{пътн.}}^M}{365 \cdot a_{\text{нас}}^{\text{вл}}}$ и товарни $N_{\text{рѝ}}^{\text{тов}} = \frac{Q_{\text{н.т.}}^M}{365 \cdot q_{\text{н.т.}}^{\text{вл}}}$, на базата на средната

населеност на един пътнически влак $a_{\text{нас}}^{\text{вл}}$ и превозените пътници за година $P_{\text{пътн.}}^M$ и средното нетно тегло на един товарен влак $q_{\text{н.т.}}^{\text{вл}}$ и превозените товари за година $Q_{\text{н.т.}}^M$.

Средната населеност на влак $a_{\text{нас}}^{\text{вл}} = \frac{P_{\text{км}}^M}{A_{\text{вл.км.}}^{M,\text{п}}}$ се получава като извършената работа

измерена в пътник километри за година от пътническите влакове $P_{\text{км}}^M$ се раздели на влаковата работа във влак километри за година извършена от тях $A_{\text{вл.км.}}^{M,\text{п}}$, а средното

нетно тегло на един влак $q_{\text{н.т.}}^{\text{вл}} = \frac{Q_{\text{н.т.км.}}^M}{A_{\text{вл.км.}}^{M,\text{тов}}}$ се определя като реализираната работа измерена

в нето тон километра за година от товарните влакове $Q_{\text{н.т.км.}}^M$ се раздели на реализираната влакова работа от тях измерени във влак километри за година $A_{\text{вл.км.}}^{M,\text{тов}}$.

Общата влакова работа е $A_{\text{вл.км.}}^M = A_{\text{вл.км.}}^{M,\text{п}} + A_{\text{вл.км.}}^{M,\text{тов}}$ влак километра за година.

Като се използват тези показатели могат да се определят редица средни характеристики на влаковете, които оперират в железопътната мрежа, като не се разделят на пътнически и товарни категории. Тези средни характеристики са:

- Средно влаково рамо (среден пробег на един влак) - $I_{\text{вл.рамо}}^{\text{вл.}} = \frac{A_{\text{вл.км.}}^M}{N_{\text{рѝ}}}$ [км.].

Получава се като годишната влакова работа измерена във влак километри се раздели на броя на реално движилите се за година влакове.

- Средно време пътуване от един влак в железопътната мрежа - $t_{впр}^M = \frac{B_{вл.ч.}^M}{N_{пг}}$ [часа].

Получава се като реализираните годишни влак часове се разделят на броя на реално движилите се за година влакове.

- Среден брой междугария изминати от един влак - $n_{межд}^{вл.} = \frac{l_{вл.рамо}^{вл.}}{l_M}$ [брой].

Получава се като средното влаково рамо се раздели на средната дължина на едно междугарие.

Могат да се определят и редица средни характеристики свързани с движението на влаковете, а именно:

- Среден интервал на движение между влаковете в рамките на влаковото рамо - $\tau = \frac{t_{впр}^M}{n_{межд}^{вл.}}$ [часа] или $\tau_{мин.} = \frac{t_{впр}^M}{n_{межд}^{вл.}} \cdot 60$ [мин]. Получава се като средното време пътуване на

един влак се раздели на средния брой междугария изминати от него.

- Средна интензивност между влаковете - $\mu = \frac{1}{\tau}$ или $\mu = \frac{60}{\tau_{мин.}}$ [вл./час].

Получава се като един час се раздели на интервала на движение между влаковете измерен в часове или 60 минути се разделят на интервала на движение между влаковете измерен в минути. Ако тази интензивност се раздели на 60 минути, то се получава интензивността измерена във влакове за минута.

Интензивността μ представлява максималния брой влакове, които могат да се движат за един час.

До този момент се разглежда само едно влаково рамо и участъка от железопътната мрежа ограничена от него. Като използваме μ можем да определим максималния брой влакове, които могат да бъдат пропуснати в този железопътен участък. За да определим максималната пропускателна способност за цялата железопътна мрежа в брой влакове за час, денонощие или година, трябва да определим колко неприпокриващи се (независими) железопътни участъка с дължина едно влаково рамо могат да се обособят в железопътната мрежа. Във всеки от тези независими железопътни участъка поотделно могат да бъдат пропуснати максимален брой влакове определени на базата на часовата интензивност μ . Сумирайки тези влакове ще получим и максималната пропускателна способност за цялата железопътна мрежа.

Средният брой на неприпокриващите се, независими железопътни участъци се определя като дължината на железопътната мрежа се раздели на дължината на едно

влаково рамо - $n_{жстп}^M = \frac{L_M}{l_{вл.рамо}^{вл.}}$ или броя на междугарията се раздели на броя на

междугарията, които изминава влака за едно влаково рамо - $n_{жстп}^M = \frac{M_M}{n_{межд}^{вл.}}$.

Максимален брой влакове, които могат да преминат по един независим железопътен участък е $N_{жстп,д} = 24\mu\eta$ [вл./ден.] или $N_{жстп,ч} = \mu\eta$, като η е коефициент на използване на денонощието за пропускане на влакове. Нормално е $0,80 \leq \eta \leq 1$.

Максималният капацитет на мрежата за денонощие $N_{макс.,д} = n_{жстп}^M \cdot N_{жстп,д}$ [вл./ден.] се определя като средния брой независими железопътни участъци се умножи по максималния брой влакове, които могат да бъдат пропуснати в един независим участък, а максималния годишен брой влакове $N_{макс.,г} = 365 \cdot N_{макс.,д} = 365 \cdot n_{жстп}^M \cdot N_{жстп,д}$ [вл./год.] се

получават като тези за денонощие се умножат по 365 дни. На базата на максималния капацитет се определят максималните влак километра за денонощие и година, съответно $A_{\text{вл.км.,}\delta}^{M,\text{макс}}$ и $A_{\text{вл.км.}}^{M,\text{макс}}$, които могат да се реализират. Това става, като максималния капацитет на железопътната мрежа за едно денонощие $N_{\text{макс.,}\delta}$ се умножи по влаковото рамо $l_{\text{вл.рамо}}^{\text{вл.}}$, а за една година така получените влак километри трябва да се умножат по броя на дните в годината. За максималните влак километри за денонощие се получава - $A_{\text{вл.км.,}\delta}^{M,\text{макс}} = N_{\text{макс.,}\delta} \cdot l_{\text{вл.рамо}}^{\text{вл.}}$, а за година и $A_{\text{вл.км.,г}}^{M,\text{макс}} = N_{\text{макс.,г}} \cdot l_{\text{вл.рамо}}^{\text{вл.}}$ или $A_{\text{вл.км.,г}}^{M,\text{макс}} = A_{\text{вл.км.,}\delta}^{M,\text{макс}} \cdot 365$.

Необходим капацитет се определя като брой на влаковете за година и денонощие, които реално са се движили в железопътната мрежа или които са заложили в графика за движение на влаковете. За нуждите на планирането на влаковата работа се използват заложените в ГДВ влакове, а за отчетни нужди се използва реализираното влаково движение. За по-голяма точност ще се използва реално реализираното влаково движение за година, което е $N_{\text{рз}}$ и за денонощие, което е $N_{\text{рз}} = \frac{N_{\text{рз}}}{365}$. Въз основа на това, необходимият капацитет на железопътната мрежа за година е $N_{\text{необх.,г}} = N_{\text{рз}}$ [вл./год.], а за денонощие е $N_{\text{необх.,}\delta} = N_{\text{рз}}$ [вл./ден.].

Резервът на капацитета за железопътната мрежа е $R_{\delta}^M = 1 - \frac{N_{\text{необх.,}\delta}}{N_{\text{макс.,}\delta}}$ на база

денонощни данни и $R^M = 1 - \frac{\lambda}{\mu\eta}$ на база часови интензивности. Вероятността да има

влаково движение е $P_{\text{вл.дв.}} = 1 - R^M = \frac{\lambda}{\mu\eta}$.

В заключение може да се каже, че максималният, необходимият капацитет за година на железопътната мрежа и резерва на капацитета се определят като:

$$(1) \quad N_{\text{макс.,г}} = 365 \cdot 24 \cdot \eta \cdot \frac{V_{\text{уч}}^M \cdot M_M}{A_{\text{вл.км.}}^M} \cdot N_{\text{необх.,г}} \quad \text{или}$$

$$(1) \quad N_{\text{макс.,г}} = 365 \cdot 24 \cdot \eta \cdot \frac{V_{\text{уч}}^M \cdot M_M}{A_{\text{вл.км.}}^M} \cdot \frac{P_{\text{пътн.}}^M \cdot A_{\text{вл.км.}}^{M,\text{п}} \cdot Q_{\text{н.т.км}}^M + Q_{\text{н.т.}}^M \cdot A_{\text{вл.км.}}^{M,\text{тов}} \cdot P_{\text{км}}^M}{P_{\text{км}}^M \cdot Q_{\text{н.т.км}}^M} \quad [\text{вл./год.}], \quad \text{където:}$$

$$(2) \quad N_{\text{необх.,г}} = N_{\text{рз}} = \frac{P_{\text{пътн.}}^M \cdot A_{\text{вл.км.}}^{M,\text{п}} \cdot Q_{\text{н.т.км}}^M + Q_{\text{н.т.}}^M \cdot A_{\text{вл.км.}}^{M,\text{тов}} \cdot P_{\text{км}}^M}{P_{\text{км}}^M \cdot Q_{\text{н.т.км}}^M} \quad [\text{вл./год.}] \quad \text{и}$$

$$(3) \quad R^M = 1 - \frac{A_{\text{вл.км.}}^M}{365 \cdot 24 \cdot \eta \cdot V_{\text{уч}}^M \cdot M_M} \cdot 100 \quad [\%].$$

Ако във ф-ли (1)-(3) работим с изходни данни за денонощие или за час, то ще получим съответните стойности за максималния и необходимия капацитет съответно за денонощие или за час. Резерва на капацитета няма да се промени, независимо дали данните са за година, денонощие или час, т.е.

$$R^M = 1 - \frac{A_{\text{вл.км.}}^M}{365 \cdot 24 \cdot \eta \cdot V_{\text{уч}}^M \cdot M_M} = 1 - \frac{A_{\text{вл.км.,}\delta}^M}{24 \cdot \eta \cdot V_{\text{уч}}^M \cdot M_M} = 1 - \frac{A_{\text{вл.км.,ч}}^M}{\eta \cdot V_{\text{уч}}^M \cdot M_M}, \quad \text{като } A_{\text{вл.км.}}^M, \quad A_{\text{вл.км.,}\delta}^M \quad \text{и } A_{\text{вл.км.,ч}}^M \quad \text{е}$$

съответно влаковата работа за година, денонощие и час.

Ако приемем, че $N_{\text{макс.,}\varepsilon} = 365.24.\eta \cdot \frac{V_{\text{уч}}^M \cdot M_M}{A_{\text{вл.км.}}^M} \cdot N_{\text{необх.,}\varepsilon} = \alpha_{\text{макс}} \cdot N_{\text{необх.,}\varepsilon}$, то коефициента

$$\alpha_{\text{макс}} = \frac{N_{\text{макс.,}\varepsilon}}{N_{\text{необх.,}\varepsilon}} = \frac{N_{\text{макс.,}\delta}}{N_{\text{необх.,}\delta}}$$

показва колко пъти по-голям от необходимия е максималния капацитет. На базата на това, за коефициента на максималния капацитет, можем да запишем:

$$(4) \quad \alpha_{\text{макс}} = 365.24.\eta \cdot \frac{V_{\text{уч}}^M \cdot M_M}{A_{\text{вл.км.}}^M},$$

ако работим с годишни стойности на влаковата работа и $\alpha_{\text{макс}} = 24.\eta \cdot \frac{V_{\text{уч}}^M \cdot M_M}{A_{\text{вл.км.}}^{M,\delta}}$, ако

работим с данни за денонощие. В случая $A_{\text{вл.км.}}^{M,\delta} = \frac{A_{\text{вл.км.}}^M}{365}$.

Можем да използваме коефициента на максималния капацитет при определяне на максималния капацитет и резерва на капацитета на железопътната мрежа. Получава се следното:

$$(5) \quad N_{\text{макс.,}\varepsilon} = \alpha_{\text{макс}} \cdot \frac{P_{\text{пътн.}}^M \cdot A_{\text{вл.км.}}^{M,\text{п}} \cdot Q_{\text{н.т.км}}^M + Q_{\text{н.т.}}^M \cdot A_{\text{вл.км.}}^{M,\text{тов}} \cdot P_{\text{км}}^M}{P_{\text{км}}^M \cdot Q_{\text{н.т.км}}^M} \text{ [вл./год.] и}$$

$$(6) \quad R^M = 1 - \frac{1}{\alpha_{\text{макс}}} \cdot 100 \text{ [%]}.$$

Ако приемем, че трябва да се осигурят възможност за планово обновяване, рехабилитация и модернизирание на части и елементи от железопътната мрежа, то трябва да се предвидят планови прекъсвания на движението („прозорци“) за тази цел. При това положение няма да има прекъсвания в движението на влаковете, а графикът за движението им трябва да бъде уплътнен. Нормално е един планов прозорец ($T_{\text{пл.проз.}}$) да бъде между 4 и 6 часа.

Влак километри, които биха могли да се реализират, ако го нямаше влаковото прекъсване са: $A_{\text{пл.проз.}} = \lambda \cdot T_{\text{проз.}} \cdot \eta \cdot P_{\text{вл.дв.}} \cdot I_{\text{вл.рамо}}^{\text{вл.}}$ [вак километра].

Използването и залагането в графика за движение на влаковете на планови прекъсвания ще доведе до промяна на максималния капацитет на железопътната мрежа и резерва ѝ. Максималният денонощен капацитет с отчитане на плановите прекъсвания се определя по следния начин: $N_{\text{макс.,}\delta}^{\text{пл.прек.}} = \mu \left(24\eta - T_{\text{пл.проз.}} \right) \cdot n_{\text{жпу}}^M$, а годишният е:

$$N_{\text{макс.,}\varepsilon}^{\text{пл.прек.}} = N_{\text{макс.,}\delta}^{\text{пл.прек.}} \cdot 365. \text{ Резервът на капацитета в този случай е: } R_{\text{пл.прек.}}^M = 1 - \frac{N_{\text{необх.,}\delta}}{N_{\text{макс.,}\delta}^{\text{пл.прек.}}},$$

където:

$$(7) \quad N_{\text{макс.,}\delta} = 365.24 \cdot \left(\eta - \frac{T_{\text{пл.проз.}}}{24} \right) \cdot \frac{V_{\text{уч}}^M \cdot M_M}{A_{\text{вл.км.}}^M} \cdot N_{\text{необх.,}\delta} \text{ [вл./ден.]}. \text{ Максималният капацитет,}$$

определен чрез коефициента на максималния резерв $\alpha_{\text{макс}}^{\text{пл.проз}}$ е:

$$(8) \quad N_{\text{макс.,}\delta} = \alpha_{\text{макс}}^{\text{пл.проз}} \cdot N_{\text{необх.,}\delta}, \text{ където:}$$

$$(9) \quad \alpha_{\text{макс}}^{\text{пл.проз}} = 365.24 \cdot \left(\eta - \frac{T_{\text{пл.проз.}}}{24} \right) \cdot \frac{V_{\text{уч}}^M \cdot M_M}{A_{\text{вл.км.}}^M} = 24 \cdot \left(\eta - \frac{T_{\text{пл.проз.}}}{24} \right) \cdot \frac{V_{\text{уч}}^M \cdot M_M}{A_{\text{вл.км.}}^{M,\delta}}.$$

За резерва на капацитета се получава:

$$(10) \quad R_{пл.прек.}^M = 1 - \frac{1}{\alpha_{макс}^{пл.проз}} \cdot 100 [\%] \quad \text{или} \quad R_{пл.прек.}^M = 1 - \frac{\lambda}{\mu \left(\eta - \frac{T_{пл.проз.}}{24} \right)}$$

ПРИЛОЖЕНИЕ НА МЕТОДИКАТА С РЕАЛНИ ДАННИ

Приложението на методиката за определяне на максималния, необходимия капацитет и резерв на железопътната мрежа на базата на агрегирани и обобщени данни е приложена за реални статистически данни за 2018 год.

В табл.1 са представени основните параметри на железопътната мрежа, капацитета ѝ, показатели за влаковата работа и резултатите от прилагането на методиката.

Таблица 1 Основни параметри за мрежата и приложение на методиката

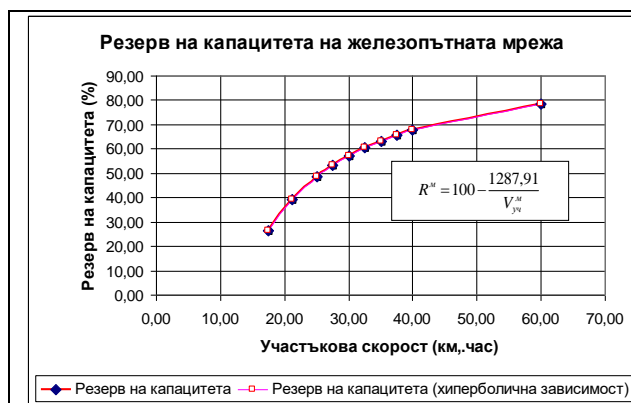
Показател	Стойност
Исходни данни	
Дължина на железопътната мрежа - L_m в км.	4894
Брой на междугарията - M_m	345
Влак километра за година $A_{вл.км.}^M = A_{вл.км.}^{M,n} + A_{вл.км.}^{M,тов}$	31 142 300
Влак километра за година пътнически влакове $A_{вл.км.}^{M,n}$	19 883 900
Влак километра за година товарни влакове $A_{вл.км.}^{M,тов}$	11 258 400
Превозени товари в тонове - $Q_{н.т.}^M$	14 796 000
Извършена работа от товарния железопътен транспорт в тон километра $Q_{н.т.км}^M$	3 824 200 000
Превозени пътници в брой пътници $P_{пътн.}^M$	21 337 700
Извършена работа от пътническия железопътен транспорт в пътник километри $P_{км}^M$	1 479 400 000
Средна участъкова скорост реализирана в железопътната мрежа за година $V_{уч}^M$ в км./час	21,25
Определяне на необходимия капацитет в брой влакове	
1. Определяне на средната населеност на влак $a_{нас}^{вл} = \frac{P_{км}^M}{A_{вл.км.}^{M,n}}$	74
2. Средно нетно тегло на товарен влак $q_{н.т.}^{вл} = \frac{Q_{н.т.км}^M}{A_{вл.км.}^{M,тов}}$	340
3. Брой пътнически влакове за денонощие $N_{рд}^n = \frac{P_{пътн.}^M}{365 \cdot a_{нас}^{вл}}$	786
4. Брой товарни влакове за денонощие $N_{рд}^{тов} = \frac{Q_{н.т.}^M}{365 \cdot q_{н.т.}^{вл}}$	119
5. Брой на влаковете за денонощие $N_{рд} = N_{рд}^n + N_{рд}^{тов}$	905
6. Необходим капацитет на железопътната мрежа за денонощие $N_{необх.,д} = N_{рд}$	905
7. Брой на влаковете за година $N_{рз}$	330 349
8. Необходим брой влакове за денонощие и часова интензивност	17,43 0,7264

за един независим железопътен участък - $N_{необх.,д}^{жпу} = \frac{N_{необх.,д}}{n_{жпу}^M}$	
[вл./ден.] и $N_{необх.,ч}^{жпу} = \frac{N_{необх.,ч}}{n_{жпу}^M} = \lambda$ [вл./час]	
Влак часове за година реализирани от влаковете в железопътната мрежа	
9. Влак часове за година $B_{вл.ч.}^M = \frac{A_{вл.км.}^M}{V_{уч}^M}$	1 465 520
Определяне на максималния капацитет	
10. Средно влаково рамо $l_{вл.рамо}^{вл.} = \frac{A_{вл.км.}^M}{N_{pg}}$ [км.]	94,27
Отговаря на средно превозно разстояние	
11. Средно време пътуване на влак $t_{впр}^M = \frac{B_{вл.км.}^M}{N_{pg}}$ [часа]	4,44
12. Средна дължина на междугарие $l_M = \frac{L_M}{M_M}$ [км.]	14,19
13. Среден брой междугария изминати от един влак $n_{межд}^{вл.} = \frac{l_{вл.рамо}^{вл.}}{l_M}$	6,65
14. Среден интервал на движение между влаковете в рамките на влаковото рамо - $\tau = \frac{t_{впр}^M}{n_{межд}^{вл.}}$ [часа]	0,6676
15. Среден интервал между влаковете $\tau_{мин.} = \frac{t_{впр}^M}{n_{межд}^{вл.}} \cdot 60$ [мин.]	40,05
16. Средна интензивност между влаковете - $\mu = \frac{1}{\tau}$ [вл./час]	1,4980
17. Среден брой неприпокриващи се, независими железопътни участъци $n_{жпу}^M = \frac{L_M}{l_{вл.рамо}^{вл.}}$ или $n_{жпу}^M = \frac{M_M}{n_{межд}^{вл.}}$	51,91
18. Максимален брой влакове, които могат да преминават по един среден железопътен участък за денонощие $N_{жпу,д} = 24\mu\eta$ [вл./ден.] и за час $N_{жпу,ч} = \mu\eta$ [вл./час]. В случая $\eta = 0,80$	28,76 1,1984
19. Максимални влак километра за денонощие и година, които се реализират в мрежата $A_{вл.км.,д}^{M,макс} = N_{макс.,д} \cdot l_{вл.рамо}^{вл.}$ [вл.км./ден.]	140 760
20. Максимален капацитет на мрежата за денонощие и за час - $N_{макс.,д} = n_{жпу}^M \cdot N_{жпу,д}$ [вл./ден.], $N_{макс.,ч} = \frac{N_{макс.,д}}{24}$ [вл./час]	1 493 62,21
Определяне на резерва на капацитета за цялата железопътна мрежа	
21. Резерв на капацитета $R_{д.}^M = 1 - \frac{N_{необх.,д}}{N_{макс.,д}}$ или $R^M = 1 - \frac{\lambda}{\mu\eta}$	39,39%
22. Вероятност да има влаково движение $P_{вл.дв.} = 1 - R^M = \frac{\lambda}{\mu\eta}$	60,61%

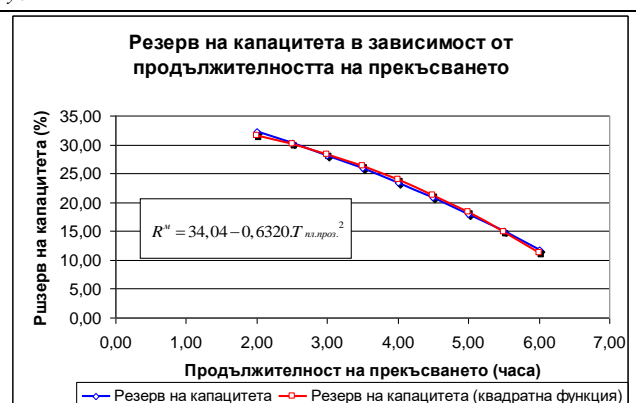
Определяне на максималния капацитет при залагане в ГДВ на планови прекъсвания	
23. Планово прекъсване $T_{пл.проз.}$ [часа]	6
24. Влак километри, които биха могли да се реализират, ако го нямаше плановото влаково прекъсване ($A_{пл.проз.} = \lambda \cdot T_{проз.} \cdot P_{вл.дв.} \cdot I_{вл.рамо}^{вл.}$) [вл.км.]	249,05
25. Максимален капацитет с отчитане на плановите прекъсвания за денонощие за един независим железопътен участък - $N_{макс.,д}^{пл.прек.} = \mu(24\eta - T_{пл.проз.})$ [влага]	19,77
26. Максимален капацитет на мрежата за денонощие и за час $N_{макс.,д}^{пл.прек.} = \mu(24\eta - T_{пл.проз.}) \cdot n_{жпу}^м$, $N_{макс.,ч}^{пл.прек.} = \frac{N_{макс.,д}^{пл.прек.}}{24}$ [влага]	1 027 42,77
Определяне на резерва на капацитета при залагане в ГДВ на планови прекъсвания	
27. Резерв на капацитета при планови прекъсвания определен на база необходим и максимален дневен и часов капацитет $R_{пл.прек.}^м = 1 - \frac{N_{необх.,д}}{\mu(24\eta - T_{пл.проз.}) \cdot n_{жпу}^м}$, $R_{пл.прек.}^ч = 1 - \frac{\lambda}{\mu\left(\eta - \frac{T_{пл.проз.}}{24}\right)}$	11,83%

Направено е изследване на зависимостите на резерва на капацитета от средната участъкова скорост (фиг.1) и от продължителността на плановото прекъсване на движението (фиг.2) заложено в графика за движение на влаковете. Всяка от зависимостите е валидна при постоянни стойности на изходните данни. Променят се само участъковите скорости и продължителността на плановите прекъсвания.

Зависимостите са следните: $R^м = 100 - \frac{1287,91}{V_{уч}^м}$ [%] и $R^м = 34,04 - 0,6320 \cdot T_{пл.проз.}^2$ [%].



Фиг.1. Резерв на капацитета в зависимост от участъковата скорост



Фиг.2. Резерв на капацитета в зависимост от продължителността на плановото прекъсване

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В изложението е представена методика за определяне на необходимия и максимален капацитет и резерва на капацитета на железопътната мрежа. Използвани са само данни за железопътната мрежа и обобщени годишни данни за работата на железопътния транспорт. Оценено е влиянието върху максималния капацитет и резерва на капацитета на железопътната мрежа при включването в графика за движение на влаковете на планови прекъсвания.

Методиката е предназначена за обобщена оценка на максималния капацитет и резерва на капацитета на цялата железопътна мрежа. Методиката е приложима и за отделни железопътни участъци и железопътни линии.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Райков, Р., Организация и управление на движението в железопътния транспорт, ВМЕИ, София, 1979.
- [2] Размов, Т., Т. Кирчев, Определяне на нормативна продължителност на аварийно прекъсване на движението на база оптимизация на разходите, сп. „Механика, Транспорт, Комуникации”, том 16, брой 3/1, 2018 г., ISSN 1312-3823 (print), ISSN 2367-6620 (online), 2019.
- [3] Размов, Т., Методика, моделиране и прогнози на трафика и нужните инвестиции в пътно и локомотивно оборудване при внедряване на ERTMS в железопътната мрежа на Република България., С., Семинар на тема „Тенденции за развитие на оперативната съвместимост в железопътния транспорт в страните от ЕС”, 2008.
- [4] Референтен документ на железопътната мрежа, <https://www.rail-infra.bg/bg/78>
- [5] Национален статистически институт, <https://www.nsi.bg/>

DETERMINING THE MAXIMUM, REQUIRED CAPACITY AND RESERVE OF THE RAILWAY NETWORK ON THE BASE OF SUMMARIZED AND AGGREGATED DATA

Todor Razmov
t.razmov@gmail.com

Todor Kableskov University of Transport
Sofia, 158 Geo Milev Str.158
BULGARIA

Key words: *railway network, required capacity of the railway network, maximum capacity of the railway network, capacity reserve of the railway network, planned interruption of train movements, aggregated data*

Abstract: *A methodology for determining the required, maximum and reserve capacity of the entire railway network is presented. For this purpose, summarized, publicly available and aggregated data from the National Statistical Institute and the National Railway Infrastructure Company (NRIC) is used. The methodology envisages the use only of annual data on the transported passengers and goods on the railway network, the work performed by the railway transport, the trains work done in the railway network, the average velocity realized in the railway network and the data on the length of the railway network and the number of the inter-stations. The methodology provides two options. The first option represents the determination of the capacity and its reserve applied for a trains schedule that does not have pre-planned interruptions to the movement. The second option applies for a trains schedule with scheduled movement interruptions of predetermined duration. An impact assessment has been made of the average annual speed realized in the railway network and the duration of the planned interruptions included in the trains schedule on the maximum capacity of the railway network and its reserve. The methodology is intended for a summarized evaluation of the maximum capacity and reserve capacity of the entire railway network. The methodology has been implemented and tested with real data, and the results are presented and analyzed in this paper.*