



Изчисляване и нормиране масата на влаковете

гл. ас. д-р инж. В. Николов
катедра „Транспортна техника“
ВТУ „Тодор Каблешков“
София

- Масата на товарния влак се определя изхождайки от условията за пълно използване мощността и тяговите качества на локомотива, а също така и кинетичната енергия на влака.
- В необходимите случаи за обезпечаване на зададената маса на състава и техническата скорост, се предвижда бутащ локомотив, кратна тяга, по-мощни локомотиви, преместване на гарите, разположени преди големи нагорнища и др.

Същност на метода

- В зависимост от характера на профила на пътя в дадения участък изчисляването на масата на състава на товарния влак се извършва изхождайки от условията за непрекъснато движение:
 - По разчетен наклон с равномерна скорост;
 - По най-големия наклон с неравномерна скорост с отчитане използването на кинетичната енергия на влака.

Същност на метода

- Има случаи когато не е възможно прилагането на разчетните стойности на теглителната сила на локомотивите поради:
 - Ограничение на масата на влака от дължината на приемно-отправните коловози;
 - Необходимост от повишаване на пропускателната способност, в това число линии с предимно пътническо движение;
 - Условията за унификация на нормите за маса на влака и т.н.
- Тогава се допуска повишаване на разчетната скорост при използване на пълната мощност на локомотива.

Същност на метода

- В тяговите изчисления, направени при проектиране на нови жп линии и електрификация на действащите линии, за определяне масата на състава теглителната сила се приема:
 - За електрически локомотиви с 5% по-малка от разчетната;
 - За дизелови локомотиви със 7% по-малка от разчетната.

Същност на метода

- Масата на пътническите влакове се установява от МТИТС по направления в зависимост от категорията на влака (бърз, пътнически и др.).
- При определяне скоростта на движение и времето за пътуване влакът се приема за материална точка, в която е съсредоточена цялата негова маса.
- Положението на тази точка условно се смята в средата на влака.

Същност на метода

- Различават се два типа профили на пътя:
 - На участък с профил от първия тип най-стръмните наклони имат голяма продължителност, достатъчна за достигане на равновесна скорост;
 - Вторият тип профил е характерен с това, че дължината на най-стръмните наклони е относително малка и равновесната скорост на такива наклони като правило не може да бъде достигната.

Видове профили и наклони на пътя

- В зависимост от характера на профила масата на състава на товарния влак се изчислява, изхождайки от условията за движение с равновесна скорост по продължителен наклон или от условията за движение по най-стръмния, но най-кратък наклон с намаляваща скорост, използвайки кинетичната енергия на влака.
- Най-трудното изкачване, на което в процеса на движение на влака се установява постоянна (равновесна) скорост, се нарича *разчетен наклон* на разглеждания участък.
- Изкачването на участъка с най-голяма стръмност и относително неголяма продължителност, който влакът преодолява за сметка на кинетичната енергия, натрупана до встъпването на този елемент от профила, се нарича *скоростен* или *инерционен наклон*.

Видове профили и наклони на ПЪТЯ

- Максималната маса на състава, която даденият локомотив може да превози по даден участък, се определя от условието, че скоростта на влака не трябва да намалява под разчетната.
- Това условие е продиктувано от това, че продължителното движение на влака в теглителен режим със скорост по-ниска от разчетната може да доведе до прегряване на тяговите двигатели и повреждането им.

Изчисляване масата на влака при движение с равновесна скорост по разчетен наклон

- Стойността на разчетната скорост и съответстващата ѝ разчетна теглителна сила $F_{кр}$ са паспортни характеристики на локомотива и се дават за всяка серия.
- За да се осигури движение на влака със скорост, не по-ниска от разчетната, масата на състава се избира по такъв начин, че по най-трудния елемент от профила (*разчетен, ръководещ, меродавен наклон*) равновесната скорост да е равна на разчетната.
- Ако скоростта по такъв елемент достигне равновесната, а наклонът продължава, тя ще остане постоянна до края му.
- Условие за определяне на масата на състава в този случай е:
 - Ускорението при разчетна скорост по разчетен наклон да е равно на нула.

Изчисляване масата на влака при движение с равновесна скорост по разчетен наклон

- От уравнението за движение на влака следва, че споменатото условие се изпълнява когато равнодействащите сили, приложени към влака, са нула.
- Доколкото по разчетния наклон влакът се движи в теглителен режим, равнодействащата сила се формира от теглителната сила и съпротивлението при движение на влака:

$$r = \frac{F_{\text{к}} - W_{\text{к}}}{(P + Q)}$$

Изчисляване масата на влака при движение с равновесна скорост по разчетен наклон

- Тъй като масата на локомотива и състава са различни от нула, условието се трансформира по следния начин:

$$R = F_k(V_p) - W_k(V_p, i_p) = 0$$

където:

$F_k(v_p)$ – разчетна теглителна сила;

$W_k(v_p, i_p)$ – общо съпротивление за движение на влака при разчетна скорост по разчетен наклон.

Изчисляване масата на влака при движение с равновесна скорост по разчетен наклон

- Общото съпротивление за движение на влака се формира от основните и допълнителните съпротивления при движение на локомотива и състава.
- Ако допуснем, че допълнителното съпротивление при движение на влака включва в себе си само съпротивление от наклона, то:

$$W_K(V_p, i_p) = P \cdot w'_0(V_p) + Q \cdot w''_0(V_p) + (P + Q) \cdot 10i_p$$

Изчисляване масата на влака при движение с равновесна скорост по разчетен наклон

- След заместване се получава

$$F_{\text{кр}} - P \cdot w_0'(V_p) - Q \cdot w_0''(V_p) - (P + Q) \cdot 10i_p = 0$$

- Откъдето

$$Q = \frac{F_{\text{кр}} - P \cdot (w_0'(V_p) + 10i_p)}{w_0''(V_p) + 10i_p}$$

- С помощта на този израз се изчислява масата на състава, която даденият локомотив може да превози по разчетен наклон с произволна продължителност без да намалява скоростта си под разчетната.

Изчисляване масата на влака при движение с равновесна скорост по разчетен наклон

- Ако в разглеждания елемент от профила е разположена крива, то тя трябва да бъде отчетена.
- Това става като се замени кривата с фиктивен наклон, който се изчислява с помощта на емпиричната зависимост

$$i_{кр} = \frac{700}{R_{кр}}$$

където: $R_{кр}$ – радиус на кривата, m.

- Сумирайки тази стойност със стойността на действителния разчетен наклон, се получава

$$i_p = i + i_{кр},$$

което е стойността на разчетния наклон.

Изчисляване масата на влака при движение с равновесна скорост по разчетен наклон

- Ако в участъка, по който се движи влакът, е невъзможно еднозначно да се избере разчетният наклон, то масата на състава се определя по метода на подбора.
- Поради това за разчетен наклон се избира най-малкият, вместо най-стръмният в участъка.
- Определя се масата на състава в съответствие с израза

$$Q = \frac{F_{\text{кр}} - P \cdot (w_0'(V_p) + 10i_p)}{w_0''(V_p) + 10i_p}$$

Изчисляване масата на влака с отчитане използването на кинетичната енергия на влака

- Проверява се може ли приетият локомотив, придвижвайки състава с изчислената маса, да преодолее елементите на профил с по-голяма стръмност, от разчетния наклон.
- Проверката се състои в изчисляване на скоростите при всички наклони, стръмността на които превишава тази на наклона, за който е изчислена масата на състава.
- Изчисляването на зависимостта $V(S)$ започва от мястото, за което скоростта е известна. Например, това може да е гара, където навярно влакът е спирал или продължителен елемент от профила, в който е установена равномерна скорост, място с ограничение на скоростта и т.н.
- Изчисляването на зависимостта $V(S)$ може да се извърши графично, аналитично или чрез числено интегриране на уравнението за движение на влака.

Изчисляване масата на влака с отчитане използването на кинетичната енергия на влака

- Ако скоростта на движение в края на проверявания наклон се окаже равна или по-голяма от разчетната скорост за приетия локомотив, може да се смята, че масата на състава е приетата.
- Ако пресмятанията показват, че разстоянието, преминавано от влака по разглеждания наклон при намаляване на скоростта до разчетната, е по-малка от дължината на наклона, то масата на състава трябва да се намали.
- Тази процедура трябва да се повтаря докато разглежданият влак не премине целия наклон със скорост, не по-ниска от разчетната.

Изчисляване масата на влака с отчитане използването на кинетичната енергия на влака

- При потегляне на влака ускоряващата сила трябва да бъде по-голяма от нула. Само в този случай (уравнение за движение на влака) ускорението е положително, а следователно, е възможно увеличаване на скоростта, т.е. потегляне на влака:

$$R = F_{к\text{ пот}} - Pw'_{\text{пот}} - Qw''_{\text{пот}} - 10i_{\text{пот}}(P + Q) > 0$$

където:

$F_{к\text{ пот}}$ – теглителна сила на локомотива при потегляне на влака, N;

$w'_{\text{пот}}$ – специфично съпротивление при потегляне на локомотива, N/t;

$w''_{\text{пот}}$ – специфично съпротивление при потегляне на влака, N/t;

$i_{\text{пот}}$ – наклон на пътя, в който се извършва потегляне на влака, ‰.

**Проверка на масата на състава
при потегляне**

- За да се опростят пресмятанията, се приема, че

$$W_{\text{ПОТ}} = W^{\text{Л}}_{\text{ПОТ}} + W^{\text{В}}_{\text{ПОТ}}$$

- Тогава

$$R = F_{K_{\text{ПОТ}}} - (P + Q)(w_{\text{ПОТ}} + 10i_{\text{ПОТ}}) > 0$$

- От горната зависимост следва, че

$$Q < Q_{\text{ПОТ}} = \frac{F_{K_{\text{ПОТ}}}}{w_{\text{ПОТ}} + 10i_{\text{ПОТ}}} - P$$

**Проверка на масата на състава
при потегляне**

- Масата на състава, изчислена по правилата на тяговите изчисления, може да се окаже твърде голяма за дължината на приемно-отправните коловози в участъка, в който влакът ще се движи.
- За тази цел се прави проверка на дължината на влака по формулата:

$$l_{\text{ВЛ}} = l_{\text{Л}} + l_{\text{В}} + 10$$

където:

$l_{\text{Л}}$ – дължина на локомотива, m;

$l_{\text{В}}$ – дължина на вагоните, m;

10 – допуск за неточност при установяване на влака.

**Проверка на масата на състава по
дължината на приемно-отправните
КОЛОВОЗИ**

- За определяне дължината на състава е необходимо да се определи броят на вагоните.
- Броят еднотипни вагони може да се пресметне, ако е известна, например, частта от масата на дадена група вагони в общата маса на състава.

$$n_i = \frac{\alpha_i Q}{q_i}$$

където:

α_i – част от масата на i -тата група вагони в общата маса на влака;

q_i – средна брутна маса на вагона за i -тата група еднотипни вагони.

**Проверка на масата на състава по
дължината на приемно-отправните
КОЛОВОЗИ**

- Закръглявайки n_i до цяло число и замествайки дължината на един вагон от разглежданата група, се определя дължината на състава.
- Ако изчислената дължина на влака се окаже по-голяма от дължината на приемно-отправните коловози, то масата на състава следва да се намали.

**Проверка на масата на състава по
дължината на приемно-отправните
КОЛОВОЗИ**

- Определя се унифицирана маса на влака по цялото направление за една и съща серия локомотиви.
- Унифицираната маса се установява по условията за преминаване на най-трудния участък.
- За оценка на възможността за увеличаване на унифицираната маса на състава се строи тон-километрова диаграма.
- При това за всяко междугарие се определя разчетна маса на състава и резултатът се представя в графичен вид.

Кратност на тягата

4000	3500	1919	4113	2677	2458	2972
3000						
2000						
1000						
Разчетен наклон в междугарието, ‰	7,0	12,7	6,0	9,2	10,0	8,3
Дължина на междугарието, km	12,2	10,6	9,3	15,1	11,4	9,8
Номер на междугарието	1	2	3	4	5	6

Кратност на тягата