

СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА ЯКОСТНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ОСИТЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ЛОКОМОТИВИ СЕРИИ 43, 44, 45 И 46

Васко Николов

va_r_nikolov@abv.bg

ДП „Национална компания железопътна инфраструктура”
БЪЛГАРИЯ

Резюме: В доклада е направен задълбочен сравнителен анализ на натоварванията, действащи върху локомотивните оси, като са разгледани якостните характеристики, имащи значение за надеждността и дълготрайността на тези важни за безопасността на движението елементи.

Ключови думи: локомотиви, локомотивни оси, напрежение, коефициент на концентрация на напрежение, коефициент на сигурност, огъващ момент.

УВОД

Осите на релсовите возила и в частност на локомотивите са едни от най-отговорните и натоварени елементи от ходовата им част и от конструкцията им като цяло. Те предават всички натоварвания от рамата и коша на локомотива на пътя, както и от контакта с релсите на екипажа на возилото, поемат и предават всички натоварвания, възникнали от теглителните сили. Заstraшени сечения при осите на подвижния железопътен състав са всички места, в които може да се получи концентрация на напрежения, която да понижи границата на умора на стандартния образец от материала σ_{-1} до някаква по-малка стойност σ_{-1D} за същата стомана, използвана в конкретно място на даден детайл. Такива заstraшени места са преходите от един диаметър към друг и конструктивната форма на закръглението там, както и всички пресови съединения между оста и главините, пренасящи въртящи или огъващи моменти и особено в краищата на главините.

ИЗХОДНИ ДАННИ

Локомотивите от сериите 43, 44, 45 са произведени в заводите на фирмата ŠKODA и техните оси са идентични, което нерядко е способствало за замяната им в процеса на експлоатация.

Те притежават следните по-важни характеристики, имащи значение за изследването:

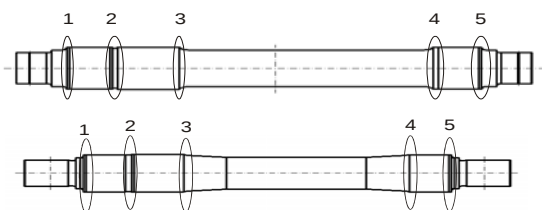
- Брой оси: 4;
- Служебна маса: 84 t за локомотиви серия 43 и 87 t за локомотиви серии 44 и 45. Взега е предвид по-голямата маса като по-неблагоприятно натоварване на осите;
- Осно натоварване (приведена маса на една ос) – 21,75 t;
- Максимална теглителна сила при потегляне: 320 kN;

Локомотивите от серия 46 са производство на румънския завод ELEKTROPUTERE в гр. Крайова, по лиценз на шведската фирма ASEA.

Локомотивите от тази серия с нейните модернизации 46100 и 46200 притежават следните характеристики, имащи значение за изследването:

- Брой оси – 6;
- Служебна маса – 126 t;
- Осно натоварване (приведена маса на една ос) – 21 t;
- Максимална теглителна сила при потегляне – 478,08 kN.

Пресмятанията са направени по създадена за целта уточнена комплексна методика [2], като са отчитани всички натоварвания, оказващи влияние върху осите по време на тяхната експлоатация, както и тези, получени при монтажа им. Изчисленията са извършени в петте най-натоварени части на оста, в които се получават най-големи напрежения (фиг. 1) и където е наблюдаван най-голям брой дефекти, установено с ултразвуков дефектоскоп [2].



Фиг. 1. Опасни сечения на оста:

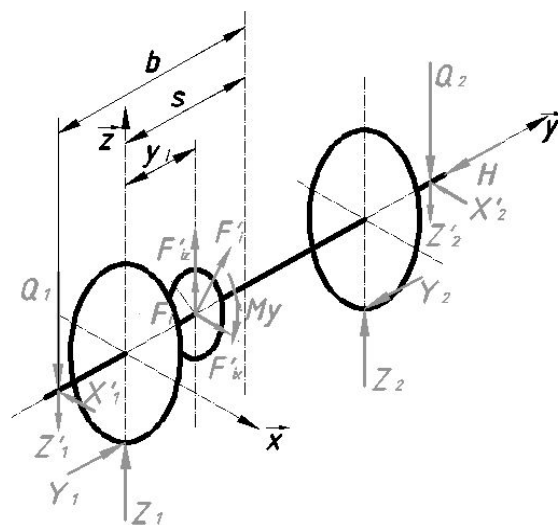
1. Преход между подглавникната част на колелото от страната на голямото зъбно колело и предподглавникната част;
2. Холкер (преход между подглавникните части на колелото и голямото зъбно колело);
3. Преход между подглавникната част на голямото зъбно колело и средната част;
4. Преход между подглавникната част на свободното колело и средната част;
5. Преход между подглавникната част на свободното колело и предподглавникната част.

ОПИТНА ПОСТАНОВКА

Силите, които се вземат под внимание при конструктивните пресмятания на оста, са определени така, че да представляват постоянно натоварване на умора, приложено по време на целия срок на експлоатация на оста, което е еквивалентно на пълния сбор от различни натоварвания, появяващи се по време на нейната експлоатация (фиг. 2). Те имат три произхода [2,3,4]:

- Сили, породени от масата на локомотива;

- Сили, породени от спирачния процес;
- Сили, породени от тяговите усилия.



Фиг. 2. Сили, с които е натоварена колооста

СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА НАТОВАРВАНИЯТА, ДЕЙСТВАЩИ ВЪРХУ ОСТА

Начинът на задвижване и окачването на предавателните механизми е идентичен при двата вида локомотиви, следователно натоварването върху осите също е идентично, затова при двата вида оси е използвана една и съща методика [2].

Моментът, действащ в осите на



Фиг. 3

локомотиви серии 43, 44, 45, е с най-голяма стойност във всички сечения на оста (фиг.

3). Това се дължи на по-голямата приведена маса при тези локомотиви. Логично при разглежданите варианти на осите на серия 46 стойностите са равни, тъй като при различните варианти на практика става дума за една и съща ос, с еднакви размери по нейната дължина и еднаква конструкция на локомотива. Същите резултати са получени и при огъващите моменти от



Фиг. 4

тягови усилия в хоризонтална равнина M'_z . При огъващите моменти от тягови усилия във вертикална равнина M'_x съотношението е обратно – там стойностите при локомотиви серии 43, 44, 45 са по-ниски (фиг. 4). Това се дължи на различния ъгъл, който се сключва между линията, свързваща осите на двете зъбни колела и хоризонталната равнина, под която се предава въртящият момент на тяговия двигател. Поради това разпределението на хоризонталната и вертикалната съставяща е различно, вследствие което огъващият момент от тягови усилия в различните равнини се разпределя по различен начин. Трябва да се отбележи, че максималната стойност на огъващия момент от масата на локомотива се наблюдава във второто сечение, докато максималната стойност на моментите от тягови усилия и в двете равнини е в третото сечение. Причината за това е наличието на въртящия момент M'_y в зоната между второто и третото сечение. Изменението на резултантния момент следва тенденцията на момента от масата на локомотива (фиг. 5).



Фиг. 5

СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА КОЕФИЦИЕНТА НА КОНЦЕНТРАЦИЯ НА НАПРЕЖЕНИЕ

Коефициентът на концентрация на напрежението в отделните участъци е със значително разилчаващи се стойности. При локомотиви серии 43, 44, 45 той е най-голям в първо и пето сечение и най-малък в трето и четвърто (фиг. 6). Въпреки относително по-големите стойности на коефициента в първото, второто и петото сечения, там не се наблюдава завишение на отказите. Стойностите на коефициентите за локомотиви серия 46 са еднакви за първо,



Фиг. 6

трето, четвърто и пето сечения при всички варианти. Във второто сечение, коефициентът при първия вариант има значително по-висока стойност от всички останали. Тази по-висока стойност на коефициента кореспондира и с повишения брой откази в същото сечение, наблюдаван през годините. Това се дължи на малкия радиус на закръгление в тази област ($R=5\text{mm}$), както и на прекалено голямата разлика между диаметрите на двете подглавинни части и канала между тях [1,2,3]. При третия вариант на оста е направена съществена корекция на радиуса на закръгление в холкера ($R=25\text{mm}$), поради което и коефициентът значително намалява своята стойност.

СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА НАПРЕЖЕНИЯТА, ДЕЙСТВАЩИ В ОПАСНИТЕ СЕЧЕНИЯ

Стойностите на напреженията, действащи в отделните опасни сечения, са резултат от приложените натоварвания, които са представени от резултантния момент M_R , и от коефициента на концентрация на напрежение K (фиг. 7).



Фиг. 7

Стойността на напрежението в първото сечение за осите на локомотиви серии 43, 44, 45 е по-висока с 38% в сравнение с тази при локомотиви серия 46 от всички варианти. Аналогично (36%) е съотношението на действащото напрежение и в петото сечение. В третото и четвъртото

сечение напрежението в осите на локомотиви серия 46 от всички варианти е с 48% по-високо от това при чешките локомотиви, което още веднъж доказва правилното конструктивно решение при тези локомотиви, а също и че има още какво да се направи за осите на локомотиви серия 46 в тези места. Интерес представляват резултатите във второто сечение. Тук стойностите при локомотиви серии 43, 44, 45 са сходни с тези при локомотивите от серия 46 за третия вариант, независимо дали за плътна или куха ос. За първия вариант на осите стойността на напрежението се отличава от всички останали в това сечение с около 25% и достига абсолютния максимум за всички участъци и за всички видове оси, което е още едно доказателство за недостатъчната якост на разглежданото сечение при тези оси.

СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА КОЕФИЦИЕНТА НА СИГУРНОСТ В ОТДЕЛНИТЕ СЕЧЕНИЯ ЗА РАЗЛИЧНИТЕ ОСИ

Най-обективна и безпристрастна оценка за качествата на отделните оси дава коефициентът на сигурност n , който отчита не само действащото натоварване, конструктивните характеристики на осите, но и съпоставя тези стойности с конкретните качества на материала, от който те са изработени (фиг. 8). Най-високи стойности този коефициент има в петото и в първото сечение на осите на локомотиви серия 46,



Фиг. 8

трети вариант плътна и куха ос. В същите сечения стойностите на коефициента за чешките оси са над два пъти по-ниски от тези на оста от трети вариант, но въпреки това остават над 1,7 пъти за петото и над 1,4 пъти за първото сечение по-високи от минимално допустимия коефициент 1,5. В третото и четвъртото сечение стойностите при различните оси са съизмерими, като те надвишават минимално допустимия коефициент съответно около 1,5 пъти за третото и около 2,4 пъти за четвъртото сечение. Особено е, че в третото сечение стойностите на коефициента са най-ниски за осите на локомотиви серия 46 трети вариант за сметка на второто, което показва благоприятното влияние на увеличаване на радиуса на закръглянето в холкера, благодарение на който там той значително се увеличава. Очаквано, най-ниски стойности коефициентът на сигурност получава във второто сечение за осите на локомотиви серии 43, 44, 45 и за локомотиви серия 46 първи вариант, като най-нисък по абсолютна стойност е коефициентът на сигурност при първия вариант на оста на 46 – само с 12% по-висока от минимално допустимата.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От направения задълбочен анализ на натоварването на осите на двата локомотива може да се заключи, че осите на локомотиви серия 46 са в значително по-неблагоприятно положение по отношение действащи напрежения и коефициенти на

сигурност в опасните сечения, което се дължи в много голяма степен на завишения коефициент на концентрация на напрежение поради неподходящо избрани размери на някои от геометричните параметри на конструкцията.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Димитров, Ж. и др. Анализ на причините за недостатъчната надеждност на колоосите на локомотиви серия 46 и предлагането на мерки за повишаването ѝ. С., НИС при ТУ, дог. №2444-4/99, 2000.
- [2] Николов, В., Изследване на факторите, влияещи на дълготрайността на локомотивните колооси, Дисертация, С. Технически университет, 2009.
- [3] Николов, В., Влияние на диаметрите на запресованите части върху якостните качества на локомотивните оси, XVI международна научно-техническа конференция по транспортна, строително-пътна и подемно-транспортна техника и технологии, Слънчев бряг 17-19.09.2009 г.
- [4] UIC Code 515-3. Rolling stock. Bogies – Running gear. Axle design calculation method. 1994.
- [5] UIC Code 811-1. Specification technique pour la fourniture d'essieux-axes pour materiel roulant moteur et remorque. 1987.

COMPARATIVE ANALYSIS ON STRENGTH CHARACTERISTICS OF THE AXLES OF ELECTRIC LOCOMOTIVE OF 43, 44, 45 AND 46 TYPES

Vasko Nikolov

va_r_nikolov@abv.bg

National Railway Infrastructure Company Sofia
BULGARIA

Key words: locomotives, locomotive axles, stress, stress concentration factor, safety factor, bending moment.

Abstract: The deep comparative analysis of workloads on the locomotive axles in the report is made. Strength characteristics acting on them have been viewed, that have matter for the reliability and the durability on those important on the safety of transportation parts.