



МОДЕЛ ЗА ПРОГНОЗИРАНЕ РЕСУРСА НА БЕЗОПАСНА ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА ЖЕЛЕЗОПЪТНА ТАЛИГА

Ваньо Ралев, Добринка Атнаджова
rlev.vanio05@gmail.com, atmadzhova@abv.bg

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

Ключови думи: *подвижен железопътен състав, железопътна талига, безопасност; ресурс; техническа диагностика.*

Резюме: *Увеличаването на здравината, експлоатационния живот и безопасността на подвижния железопътен състав в експлоатация трябва да се осигури до голяма степен от приложимите нормативни изисквания. Анализът на изчислителните и експериментални данни за елементите на талигите на железопътните возила и други обекти на железопътното оборудване показва, че нормативните изисквания по отношение на оценката на якостта, експлоатационния живот и ресурса трябва да бъдат изяснени и допълнени. В настоящата статия се разглежда модел за прогнозиране ресурса на експлоатационна безопасност реализиран на базата на предложен алгоритъм чрез използване на якостен запас, определян от изследвания на якост и дълготрайност и използване на показателя за ефективност, който се определя в зависимост от обема на техническа диагностика, групата или класа на опасност на железопътните возила. Алгоритъмът дава възможност за оценка на ресурса във всеки интервал от време - от проектирането до достигане на граничното състояние, а също така допринася за създаването на единна технология на техническа диагностика и изследвания на якост и дълготрайност през целия живот на железопътните возила и увеличава ефективността на експертната по техническа безопасност.*

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Проектираните, произведени и пуснати в експлоатация съоръжения изпитват различни външни (природни и физически) и вътрешни (функционални или технологични) въздействия. Носещите конструкции на обектите деградират, износват се, стареят, в резултат на което се влошават техните експлоатационни качества и с времето престават да отговарят на предназначението си. В същото време е важно да се подчертае, че тези дефекти често се появяват в този период от време, когато определеният срок на експлоатация на повредени обекти не е изчерпан и понякога не надвишава 10-20%. Това показва, че традиционното определяне на експлоатационния живот според икономическите (от гледна точка на амортизацията) критерии не е отчело отбелязаните производствени и експлоатационни фактори.

Във връзка с едновременното увеличаване на интензивността на експлоатация и нормите за периода на експлоатация, както и настоящата ситуация със застаряването на парка на подвижния железопътен състав, изискванията за безопасност налагат установяването на научнообоснован експлоатационен живот на железопътните возила и необходимостта от задаване срок на експлоатация въз основа на изчислен и експериментално потвърден ресурс за безопасна експлоатация на съоръжението [1-4].

Понастоящем е общоприето понятието технически ресурс на обект като работно време от началото на неговата експлоатация или след ремонт до достигане на граничното състояние, установено от нормативната и техническа документация и определено чрез изчисление и (или) тестове [5]. За различните обекти ресурсът може да се изрази в различни единици: във време (секунди, часове, години работа); в числа (брой пускания, цикли на натоварване, пробег и т.н.); в параметрите на опасните въздействия (експлоатационна, инцидентна или друга среда).

Граничното състояние е състоянието, при достигане на което обектът:

- престава да отговаря на набор от експлоатационни изисквания;
- губи способност да устои на експлоатационни въздействия и се разрушава;
- получава неприемлива деформация, която нарушава по-нататъшната работа;
- получава локално увреждане в най-напрегнатите зони.

Оценката на първоначалните и остатъчните ресурси за безопасна експлоатация на обекта се извършва за неговите критични елементи, които изпитват действието на механични и други въздействия по време на работа в широк диапазон от броя на цикли, нива на напрежение и деформация, размери на дефекти и влияние на околната среда [6-10]. Потвърждаването на необходимата якост на конструкцията на сравнително ранни етапи на проектиране се извършва чрез изчисление или изчислително-експериментални методи, предвидени от нормативните изисквания. За проверка и усъвършенстване се провеждат и специални стендови изпитвания на елементи, възли и конструкции като цяло [11-15].

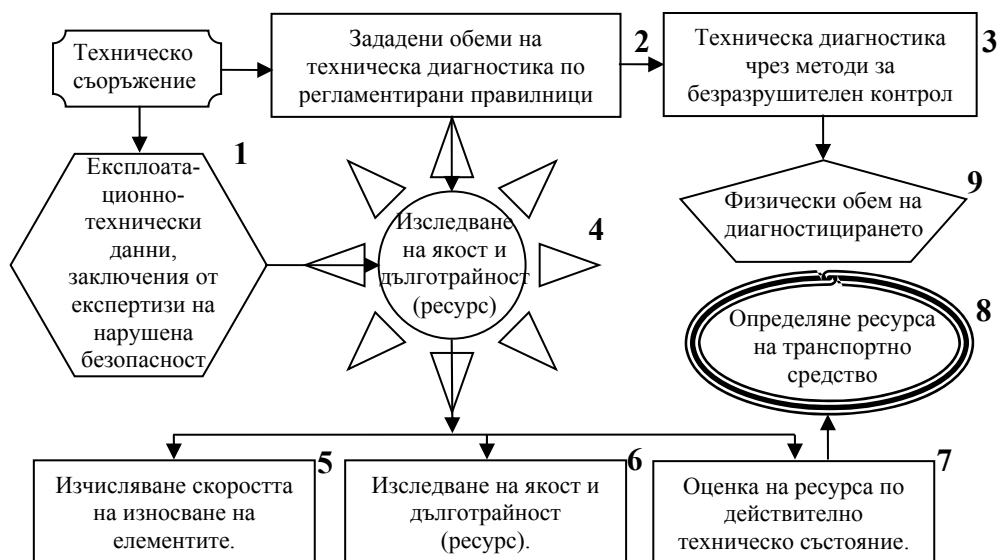
Технологичният комплекс, включващ техническа диагностика, компютърна обработка на нейните резултати, изследвания на якост и дълготрайност и прогнозиране на ресурсите, е насочен към създаване на технологичен процес, който осигурява висококачествено производство и безопасна работа на транспортни средства, инфраструктура и други технически средства.

Изследванията на якостта и дълготрайността (ресурса) въз основа на данни от техническата диагностика (ТД) се разглеждат като част от технологичния процес, насочен към осигуряване на безопасността на технически средства (ТС), които нямат елементи за резервиране, включително транспортни средства и техните елементи [16].

За изследване се препоръчва научно-методична база, основана на многокритериална оценка на границите на якост и дълготрайност. Прилагането на резултати от научни изследвания, за прогнозиране на ресурса от ТС на практика е възможно, представени в [17], ако има подходяща научно-методична и инструментална база и квалифициран инженерен персонал в техническите центрове [18].

Определянето на ресурса на безопасна експлоатация се извършва при проектирането чрез изчислителни методи [19-23]. Оценката на изходното техническо състояние и определянето на ресурса се извършват както на етапа на производство, така и на етапа на приемане на ТС от клиента чрез входяща проверка по добре познатите методи на ТД [24]. Експлоатационното техническо състояние се определя главно чрез изчисления или определяне на ресурса след аварии или открити повреди на елементите чрез провеждане на експертна ТД в съответствие с действащата нормативна и техническа документация [7, 25, 26].

На фиг. 1 е показана схемата на процеса за определяне на ресурс на елементи от транспортно средство (ТС), например – кош, рама, талига или возилата като цяло – подвижен железопътен състав (ПЖПС), използвана в момента в съответствие с Правилници за ремонт [27-29], Наредби за експертизи при произшествия [30] и др. общовалидни документи [31, 32]. Последователността на етапите на работа се извършва в съответствие с номерирането на блоковете, въз основа на експлоатационни и технически данни (1) в съответствие с изисквания на регламентирани правилници (2), които предвиждат целия комплекс от работа и обема на провеждане на ТД, прилаганите методи и видове безразрушителен контрол, както и изпитването на опитни образци.



Фиг. 1. Използвана в момента технологична схема на определяне на ресурс

Въз основа на данните от ТД, събрани в блок (3), се извършват изследвания на якост и дълготрайност (4). В същото време блок (5) определя степента на износване (корозия) на елементите въз основа на първоначалните и действителните дебелини и сечения на елементи, части и възли на ТС. Според действителните дебелини и сечения в блок (6) се извършват якостни изчисления. След това блок (7) оценява ресурса на ТС а блок (8) присвоява ресурса за безопасна работа. Обемът на извършената ТД, определен от блок (9), не се взема предвид при определяне на ресурса, тъй като в [17] няма методи за отчитането му, но е посочен в заключението на техническа експертиза по експлоатационна безопасност при аварии и произшествия.

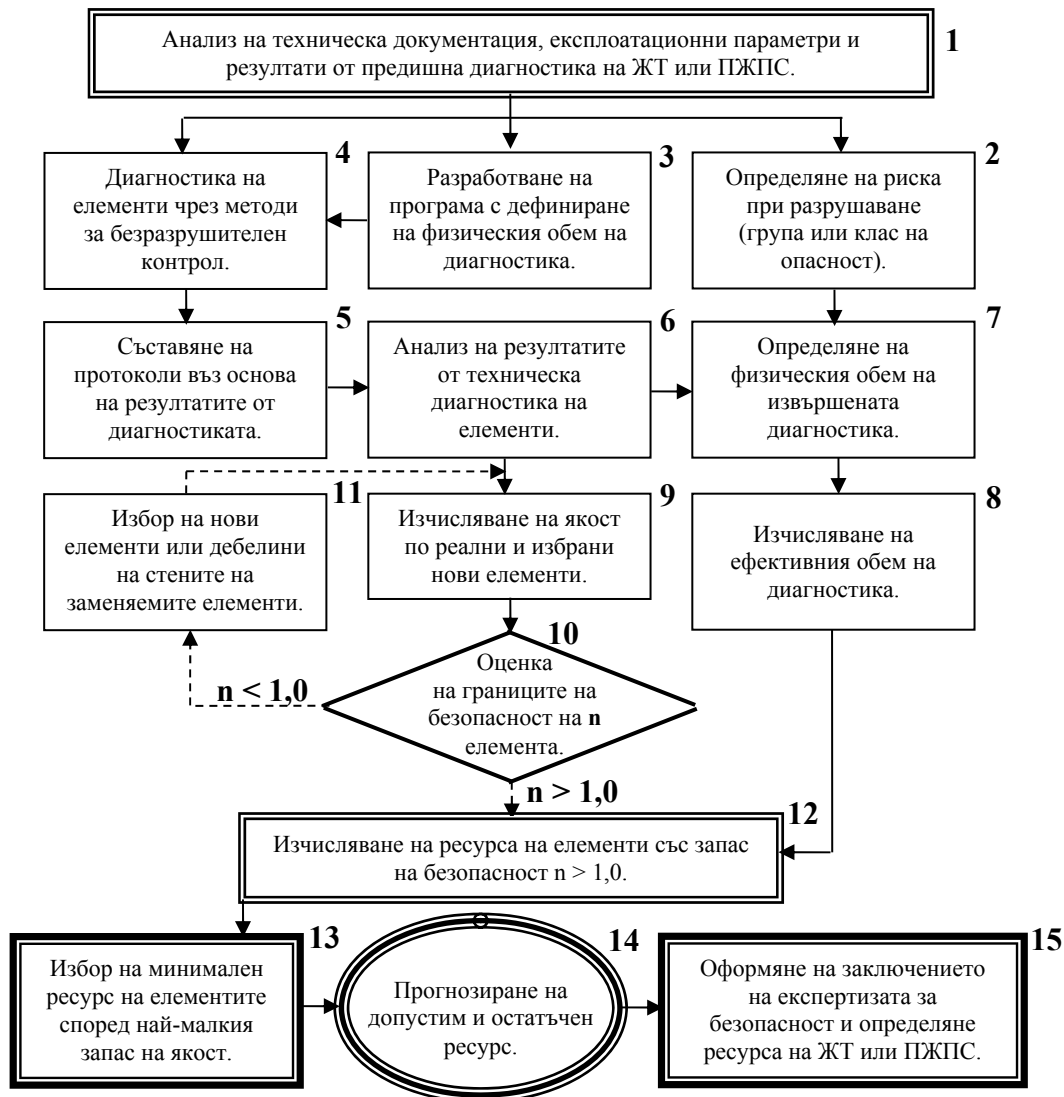
2. МОДЕЛ ЗА ПРОГНОЗИРАНЕ РЕСУРСА НА БЕЗОПАСНА ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА ЖЕЛЕЗОПЪТНА ТАЛИГА (ЖТ)

Въз основа на многобройните резултати от работата по удължаване на експлоатационния живот на ТС на съществуващите производствени мощности, необходимо е разработването и внедряването на технологичен комплекс, който включва ТД, компютърна обработка на резултатите от него, изследвания на якост и дълготрайност, прогнозиране на ресурсите и разработване на заключения от техническа експертиза за безопасност при аварии и произшествия.

Блоковата схема на модел за прогнозиране ресурса на безопасна експлоатация на железопътна талига (ЖТ) е показана на фиг. 2. Последователността на технологичните операции, определени от модела, се извършва в съответствие с номерацията на блока.

В блок 1 се обобщават резултатите от анализа на техническата документация, експлоатационните параметри, сведения от предишни ТД и информация от паспорта на ЖТ. С отчитането на основните конструктивни, технологични и експлоатационни

фактори, се установява делът на ресурса, изчерпан на предишните етапи от експлоатацията на ЖТ или в края на определения ресурс.



Фиг. 2. Структурна схема на алгоритъма за обработка на данни от резултатите на ТД и изследванията на якост и дълготрайност на ЖТ или ПЖПС

Блок 2 предвижда определяне на риска по време на разрушаване (група или клас на опасност), характеризира ЖТ по отношение на експлоатационните параметри, степента на опасност на използваните вещества за околната среда.

Блок 3 включва разработване на програма за ТД и изследвания на якост и дълготрайност с определяне на физическия обем на диагностициране, както и изпитания на образци. Определя се възможността за демонтаж или осигуряване на достъп до определени зони и заварки. Определя се последователността на технологичните операции, включително съставяне на диагностични програми, избор на оптимален маршрут, подготвителни операции, демонтаж, подготовка на заварените повърхности, за визуално-измерителен или дефектоскопски контрол.

Блок 4 извършва ТД на елементи чрез методи за безразрушителен контрол, които се избират, като се вземат предвид характеристиките на ТС поради наличието на места, които са трудно достъпни за контрол.

Въвежда се и мониторингови системи за контрол на техническото състояние на ПЖПС в движение по железопътната инфраструктура [33, 33].

Съставянето на актове и протоколи въз основа на резултатите от ТД, въвеждането на данни на действителни показатели за техническото състояние и дефекти по елементи в контролните карти е последният етап на ТД (блок 5).

Блок 6 анализира резултатите от ТД на елементите на ЖТ, която включва определяне на параметрите на първоначалните и натрупаните повреди и тяхното съответствие с изискванията на стандартите и техническата документация.

Блок 7 определя реалния обхват на контрола на ЖТ за всеки метод на провежданата ТД, като се отчита тяхната достоверност.

Изчисляването на ефективния обем и показател за ефективност на ТД се извършва в (блок 8). След това се извършват изследвания на якост и дълготрайност (блок 9).

Блок 10 оценява запаса на якост на елементите от действието на малоциклово натоварване и устойчивостта на крехко разрушаване по резултати от якостни изчисления. Оценката на якостен запас включва изследване на напрегнато-деформираното състояние и избор на критерии за гранични състояния.

Блок 11 предвижда избор на нови елементи или дебелини на стените на заменяемите елементи, който се извършва, ако тяхната здравина не е осигурена, при коефициент на запас на якост по-малък от единица ($n < 1,0$) и отслабените елементи подлежат на замяна. При използване на блокове 9 и 10 се провежда повторно изчисляване на якост с увеличаване дебелината на заменяните елементи до достигане на коефициент на запас на якост по-голям от единица ($n > 1,0$).

За изчисляване на ресурса на елементите на ЖТ (блок 12) се пристъпва, когато границите на безопасност на елементите са повече от единица ($n > 1,0$), като се вземе предвид показателя на ефективност на ТД.

Блок 13 избира минималния ресурс на елементите според най-малките граници на безопасност.

Последният етап е прогнозирането на остатъчния и допустимия ресурс на ЖТ (блок 14). Въз основа на изследванията на якост и дълготрайност се разработват препоръки за замяна или усилване на елементите, които имат ниски резерви на якост и малък ресурс.

Работата завършва с оформяне на заключение от експертната за безопасност с определяне на ресурса на ЖТ (блок 15) и предписания относно отстраняване на всички съществуващи забележки. Последният етап на експертната за безопасност се явява изпълнението на всички предписания по отстраняване на установените слабости при ремонт, монтаж, контрол на качеството на ремонтите, изпитване, приемане от службата за технически надзор на собственика и получаване на разрешение от органите на съответната администрация за експлоатация на ЖТ [35].

Анализът на определящите параметри на техническото състояние, получени чрез ТД и изследванията на якост и дълготрайност на ЖТ, показва, че безразмерните стойности на якостен запас позволяват да се сведе до минимум броят на показателите, използвани за оценка на техническото състояние и прогнозиране ресурса на ЖТ. Универсалността на безразмерните стойности на коефициентите на безопасност се състои в това, че те са приложими както за целия ПЖПС, така и за всеки от отделните му елементи или зоната на взаимодействие на елементите един с друг.

Въпреки това, факторите, свързващи резултатите от ТД и прогнозирането на ресурсите, не се използват широко в технологията и изследванията на якост и дълготрайност поради липсата на методични препоръки, които установяват

зависимостта на ресурса от границите на безопасност на елементите на ЖТ и показателя за ефективност на ТД.

3. ПАРАМЕТРИ НА ТЕХНОЛОГИЯ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЯКОСТ И ДЪЛГОТРАЙНОСТ НА ЖТ

С отчитане запаса на якост, зададената скорост на износване, групата на опасност и ефективният обем на ТД, може да се определи ресурсът на ЖТ по израза:

$$(1) T = f(n; v; V_e; \xi; \beta),$$

където n е якостен запас, устойчивост и т.н. в момента на производство или в края на определения от производителя ресурс; v е степента на износване на елемента; V_e – ефективен обем на диагностика; ξ е коефициентът на отговорност, отчитащ степента на опасност на ситуацията, която е възможна в случай на разрушаване на ЖТ; β - коефициент на дефективност, отчитащ наличието на допустими или недопустими дефекти, открити по време на ТД и отстранени чрез ремонт, ако е необходимо.

Зависимостта (1) дава възможност да се определи ресурсът на износени, заменени или подсилени елементи. Ресурсът на ЖТ, състоящ се от 1 до m броя елементи, включително елементите на основните носещи конструкции (за вагон – рама или кош и за железопътна талига – рама на талигата), техните интерфейсни зони, други компоненти и части, се определя от ресурса на най-слабия елемент. При извършване на ТД на елемент по елемент е възможно да се оцени ресурсът на елементите, техните интерфейсни зони и техническите характеристики като цяло. В същото време границите на безопасност за интерфейса на отделните елементи един с друг могат да бъдат определени с помощта на различни методи за изчисление на якостта, в зависимост от конструкцията и условията на работа на всеки елемент.

Диагностицираната ЖТ условно се разделя на типични елементи - например рама на талига, греди (надлъжни и напречни), колооси, ресорно окачване и др., и заваръчни шевове, включително надлъжни, пръстеновидни, техните кръстовини и заварки за закрепване на елементи един към друг (фитинги, шуцери, опори и др.), които се контролират с подходящи методи, определени от програмата на ТД, с отчитане достоверността на нейното провеждане.

Ефективният обем на диагностицирането на ЖТ или ПЖПС като цяло е

$$(2) V_e = (N + L) / 2 + V_A$$

където N е обемът на диагностика на детайлни елементи; L е обема на диагностициране на заваръчни шевове; V_A е обемът на диагностиката чрез методи, обхващащи цялото съоръжение или част от неговата повърхност.

Физическият обем на диагностициране на отделни елементи се определя от израза:

$$(3) N = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^{M^d} \left[\frac{q_i}{T_i} \sum_{j=1}^{T_i^d} (n_{ij} K_j) \right]$$

където n_{ij} е броят на елементите от i -та група, диагностицирани по j -тия метод; T_i е броят на всички елементи от i -та група; q_i - коефициент на относителна важност на елементи от i -та група; T_i^d - броят на използваните методи за диагностика на елементите от i -та група; M - броят на наличните групи детайлни елементи (включително шевове); M^d е броят на диагностицираните групи от елементи; K_j е коефициентът на достоверност на j -тия метод за диагностициране.

Физическият обем на диагностицираните заваръчни шевове се определя от израза

$$(4) L = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P \left[\frac{q_i}{l_i} \sum_{j=1}^{B_i} (l_{ij}^z K_j) \right]$$

където l_{ij}^z е дължината на всички заваръчни шевове от i -та група, диагностицирани по j -тия метод (ултразвук, цветна, магнитопрахова, радиографична и др.); l_i е дължината на съществуващите заваръчни шевове в i -та група; P - броят на групите от всички елементи под формата на заварки (кръгови, надлъжни, техните кръстосани шевове); B_i е броят на методите, приложени към i -тата група.

Физическият обем на диагностициране се определя от израза:

$$(5) V_A = \sum_{j=1}^r A_j K_j / r + V_P + V_{АЕК}$$

където A_j е относителната част от повърхността на съоръжението, диагностицирана с j -тия метод; r е броят на приложените методи, включително външен и вътрешен визуален контрол, измерване на дебелината на стените, металографски и механични изследвания, измерване на твърдост и др.; V_P е контролният обем при натоварване под налягане; $V_{АЕК}$ е обемът на акустично-емисионен контрол (АЕК).

Комбинацията от най-малко два метода, използвани при диагностицирането на една и съща група детайлни елементи или повърхности, драстично повишава общата достоверност на резултатите от ТД и в този смисъл сумата по j е неадитивна, като се препоръчва при изчисляване на N , L и V_A да се отчита въвеждането на коригиращи коефициенти.

С оглед на различните изисквания към набора от диагностични методи, използвани в експертните организации, техният обем, както и достоверността на тези методи, определена например по метода на експертната оценка, винаги е необходимо да се знае границата от ефективния сумарен обем V_e , към който може да се отнесе действителният обем на диагнозата.

Показателят за ефективност (или достатъчност на обема) на диагностицирането на ЖТ се изчислява емпирично по зависимостта [12]:

$$(6) K_e = W_{неф}^{(1+\ln \xi)}$$

където $W_{неф}$ е нормирания ефективен обем за диагностициране на ЖТ,

$$(7) W_{неф} = V_e / s$$

където V_e е ефективният обем на диагностициране; s е нормиращ параметър.

Така например, ако максималната числена стойност на V_e при 100% приложение на наличните методи е 5.6 [12], то тази стойност се явява нормиращ параметърът s в (7). По такъв начин, нормирания ефективен обем на диагностициране се изчислява като $W_{неф} = V_e / 5.6$ и има стойност по-малка от единица.

Коефициентът на отговорност ξ , изразен чрез параметрите γ и δ , които еднозначно характеризират степента на опасност на ситуацията, възможна в случай на разрушаване на ЖТ, се определя по формулата [12]:

$$(8) \xi = \gamma^{\ln \delta}$$

При приемане за коефициента на отговорност нормативната, величината ξ може да служи като абсолютен показател за степента на опасност на ЖТ, най-удобен за аналитична обработка на резултатите от ТД вместо групи или класове на опасност.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложения модел за прогнозиране ресурса на безопасна експлоатация на железопътна талига се реализира на базата на изследвания на якост и дълготрайност и използване на показателя за ефективност, който се определя в зависимост от обема на ТД, групата или класа на опасност на разглеждания обект. Моделът дава възможност за

оценка на ресурса във всеки интервал от време - от проектирането до достигане на граничното състояние, а също така допринася за създаването на единна технология на ТД и изследвания на якост и дълготрайност през целия живот на ЖТ и увеличава ефективността на експертизата по експлоатационна безопасност. Обобщаването на опита от изследванията на ТД и изследвания на якост и дълготрайност, в зависимост от показателя за ефективност позволява разработването на единни технологични изисквания към прогнозиране ресурса на конкретни видове железопътни возила и техните основни възли и детайли. Разработването на технологии за изследване на якост и дълготрайност позволява създаването на обосновани нормативни оценки за трудоемкостта на техническото диагностициране на ЖТ или ПЖПС.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] ИНТЕГРИРАНА ТРАНСПОРТНА СТРАТЕГИЯ В ПЕРИОДА ДО 2030 г. Министерство на транспорта, информационните технологии и съобщенията, МАЙ 2017
- [2] Георгиев Н., ОТНОСНО КОНЦЕПЦИЯТА ЗА СИСТЕМНА БЕЗОПАСНОСТ НА ЖЕЛЕЗОПЪТНИЯ ТРАНСПОРТ, *Mechanics Transport Communications* issue 3, 2011 article № 0528 ISSN 1312-3823
- [3] Георгиев Н., Вельова В., ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ НА БЕЗОПАСНОСТТА В ЖЕЛЕЗОПЪТНИТЕ ПРЕДПРИЯТИЯ, *Научно списание Механика Транспорт Комуникации* том 16, брой 3/1, 2018 г. статия № 1611, ISSN 1312-3823 с. II-23 – II-30
- [4] Николов В., Фактори, влияещи върху безопасността в железопътния транспорт, 2010, *mech-ing.com > journal > Archive > 18_23.nikolov.tm.10.pdf*
- [5] БДС EN 14363:2016+A2:2022, Железопътна техника. Изпитване и симулационни модели за приемане по експлоатационни характеристики на железопътни превозни средства. Изпитване в експлоатационен режим на работа и стационарни изпитвания, 2022
- [6] ISO 31010:2010 „Risk management – Risk Assessment Techniques“;
- [7] EN 50126:2000: Railway applications–The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS). CENELEC, 2000.
- [8] Hecht H. *Systems Reliability and Failure Prevention*, Artech house 2004.
- [9] Todinov M. *Reliability and Risk Models – Setting Reliability Requirements*. John Wiley & Sons Ltd. UK, 2005.
- [10] Vincoli W. *Basic guide to System Safety*. Wiley & Sons Ltd. UK, 2006
- [11] Волохов, Г.М., Э.С. Оганьян, Г.И. Гаджиметов, А.С. Гасюк, А.В. Папировский Модернизация маневровых тепловозов с продлением срока службы// *Локомотив – 2019 – № 4 – С. 32–34.*
- [12] Гасюк, А.С., Э.С. Оганьян Расчетно-экспериментальные методы оценки ресурса базовых частей подвижного состава// *Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2019 – № 2 – С. 74–80.*
- [13] Оганьян, Э.С., Г.М. Волохов, А.С. Гасюк, Д.М. Фазлиахметов, Е.В. Муравлев Безопасная эксплуатация локомотивов по ресурсу их базовых частей// *Безопасность труда в промышленности. – 2017 – № 6 – С. 54–58.*
- [14] Оганьян, Э.С., В.С. Коссов, Г.М. Волохов, М.Н. Овечников, А.С. Гасюк, Обеспечение безопасной эксплуатации подвижного состава на основе стратегии управления ресурсом на этапах жизненного цикла// *Железнодорожный транспорт. – 2018. – № 12. – С. 36–40.*

- [15] Оганьян, Э.С., Г.М. Волохов и др., Расчетно-экспериментальная оценка ресурса базовых частей локомотивов для обеспечения их безопасной эксплуатации// Проблемы машиностроения и надежности машин, 2018 – № 2 – С. 39–43.
- [16] БДС 27.002:1986 Надежность в технике. Основни термини и определения.
- [17] Наредба № 59 от 05.12.2006 г. за управление на безопасността в железопътния транспорт;
- [18] Сборник с примери за оценка на риска и някои възможни инструменти в подкрепа на регламента относно ОМБ – издание на Европейската железопътна агенция, 2010;
- [19] РЕГЛАМЕНТ ЗА ИЗПЪЛНЕНИЕ (ЕС) № 402/2013 НА КОМИСИЯТА от 30 април 2013 година относно общия метод за безопасност за определянето и оценката на риска;
- [20] РЕГЛАМЕНТ ЗА ИЗПЪЛНЕНИЕ (ЕС) 2015/1136 НА КОМИСИЯТА от 13 юли 2015 година, относно общия метод за безопасност за определянето и оценката на риска;
- [21] РЕШЕНИЕ 2009/460/ЕО на Комисията от 5 юни 2009 година за приемане на общ метод в областта на техниката за безопасност, с който да се оценява постигането на критериите за безопасност, посочени в член 6 от Директива 2004/49/ЕО на Европейския парламент и на Съвета;
- [22] РЕШЕНИЕ 2012/226/ЕС на Европейската комисия от 23 април 2012 г. относно вторият комплект общи критерии за безопасност във връзка с железопътната система;
- [23] РЕШЕНИЕ 2013/753/ЕС за изпълнение на Комисията от 11 декември 2013 година за изменение на Решение 2012/226/ЕС относно втория комплект общи критерии за безопасност във връзка с железопътната система;
- [24] ДИРЕКТИВА (ЕС) 2016/798 НА ЕВРОПЕЙСКИЯ ПАРЛАМЕНТ И НА СЪВЕТА от 11 май 2016 година относно безопасността на железопътния транспорт
- [25] РЕГЛАМЕНТ ЗА ИЗПЪЛНЕНИЕ (ЕС) 2018/763 НА КОМИСИЯТА от 9 април 2018 година за определяне на практически разпоредби относно издаването на единни сертификати за безопасност на железопътни предприятия съгласно Директива (ЕС) 2016/798 на Европейския парламент и на Съвета и за отмяна на Регламент (ЕО) № 653/2007 на Комисията
- [26] РЕГЛАМЕНТ ЗА ИЗПЪЛНЕНИЕ (ЕС) № 402/2013 НА КОМИСИЯТА от 30 април 2013 година относно общия метод за безопасност за определянето и оценката на риска
- [27] „Правилник за Капитален ремонт на Пътнически вагони” - 2005г.
- [28] „Правилник за Среден ремонт на Пътнически вагони” - 1984 г.
- [29] Инструкция за ремонт на вагони, ресови самоходни специализирани машини и съоръжения с повишена опасност, София 2013
- [30] ПБ 2.04 „Правила за разследване в ДП НКЖИ на ситуации, близки до инциденти” София, 08.07.2022 год.
- [31] Guidance on the decision to investigate accidents and incidents - издание на European Railway Agency, 2011;
- [32] ORR Guidance on the application of the Common Safety Method (CSM) on Risk Evaluation and Assessment – Office of Rail Regulation, 2012;
- [33] Скробански Б., Мониторингови системи за контрол на техническото състояние на ПЖПС в движение по железопътната инфраструктура Електронно научно списание ЖИТ, бр. 6, 2014.
- [34] Василев В., Димитров Е., Ненов Н., Мониторингови системи за контрол на техническото състояние и натоварването на ПЖПС, управление и синхрон в достъпа до инфраструктурата, Механика, Транспорт, Комуникации, бр.1/2011, ВГ 2.9 – ВГ 2.29
- [35] Единен сертификат за безопасност съгласно Директива (ЕС) 2016/798 от 16.06.2019 г., <https://iaja.bg/bg/62>.

A MODEL FOR FORECASTING THE RESOURCE OF SAFE OPERATION OF A RAILWAY BOGIE

Vanio Ralev, Dobrinka Atmadzhova
ralev.vanio05@gmail.com, atmadzhova@abv.bg

Todor Kableshkov University of Transport
Sofia, 158 Geo Milev Str.
THE REPUBLIC OF BULGARIA

Key words: *rolling stock, railway bogie, safety; resource; technical diagnostics.*

Abstract: *Increasing the strength, service life and safety of rolling stock in service must be ensured to a large extent by the applicable regulatory requirements. The analysis of the computational and experimental data on the elements of the bogies of the railway vehicles and other objects of the railway equipment shows that the regulatory requirements regarding the assessment of strength, service life and resource need to be clarified and supplemented. This paper examines a model for predicting the resource of operational safety implemented on the basis of a proposed algorithm by using a strength reserve determined by strength and durability studies and using the efficiency indicator, which is determined depending on the volume of technical diagnostics, the group or the danger class of the railway vehicles. The algorithm makes it possible to evaluate the resource at any time interval - from design to reaching the limit state, and also contributes to the creation of a unified technology of technical diagnostics and studies of strength and durability throughout the life of railway vehicles and increases the efficiency of expertise on technical safety. Based on the reviewed scientific knowledge of risk analysis methods and criteria, it is necessary to supplement the design standards for locomotives, wagons and special rolling stock.*