

УДК 614.8.027.1:621.653(621.311.23)

Занько С.М., магістр

(Національний авіаційний університет)

РИЗИК ВИНИКНЕННЯ І ОЦІНКИ НАСЛІДКІВ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ ВНАСЛІДОК ЗНОШЕННЯ ПЛУНЖЕРНОЇ ПАРИ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

Занько С.Н., магістр

(Национальный авиационный университет)

РИСК ВОЗНИКНОВЕННЯ И ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ ВСЛЕДСТВИЕ ИЗНОСА ПЛУНЖЕРНОЙ ПАРЫ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Zanko S.M., M.S (Tech)

(National aviation university)

RISK OF ORIGIN AND ESTIMATION CONSEQUENCES OF ACCIDENTS AS A RESULT OF PLUNZHER PAIR OF DIESEL COMBUSTION ENGINES WEAR

Анотація. За результатами дослідження причин і показників виробничого ризику при експлуатації плунжерних пар в паливних насосах високого тиску дизельних двигунів внутрішнього згорання, що застосовуються в різних видах транспортної техніки, та методів безрозбірного відновлення їх поверхонь тертя, була встановлена необхідність у визначенні їх частки у економічно-соціальних наслідках аварійних ситуацій, які виникають при експлуатації таких двигунів внутрішнього згорання, зокрема, при використанні транспортних засобів під час виконання робіт у поверхневих комплексах вугільних шахт. Доведено, що при раніше встановленому зменшенні відсотку відмов двигунів внутрішнього згорання, який складає 8% від загальної кількості технічних причин аварійних ситуацій, при впровадженні безрозбірного відновлення плунжерних пар під дією електромагнітного поля у мастильному середовищі при напрацюванні на відмову упродовж 20000 год., на 1,78%, збільшується величина загального очікуваного економічного ефекту, відносно показників 2015 р. щодо прямих матеріальних витрат, пов'язаних тільки з ремонтом транспортних засобів з незначними ушкодженнями, без урахування травматичних наслідків аварійних ситуацій на вугільних шахтах.

Ключові слова: аварійна ситуація, плунжерна пара, паливний насос, дизельний двигун внутрішнього згорання, ризик, травматизм, соціально-економічні наслідки.

Вступ

Щороку у транспортній галузі України викикає значна кількість аварійних ситуацій (АС), наслідком яких є загибель людей, травматизм та економічні втрати. Окрім АС на автошляхах і у містах деяку частку у аварійності і травматизмі на транспорті України складають АС, які виникають на промислових підприємствах, зокрема у вугільній галузі під час транспортування вугілля та породи вантажним автомобільним транспортом.

При цьому необхідно враховувати те, що кожна АС має свої особливості, пов'язані з одночасною дією декількох причинно-наслідкових зв'язків, які ставлять об'єктивність з'ясування його причин і соціально-економічних наслідків у залежність від правильності вибору початкових даних та методики інженерного розрахунку [3].

Багато дослідників вважають, що 2/3 усіх АС виникає з вини людей і лише 1/3 - через фактори, які не залежать від їхньої волі та діяльності [3]. Розслідування АС показує, що порушення правил руху водієм часто є наслідками технічних несправностей, які виникають у різних вузлах транспортного засобу (ТЗ), наприклад, з-за їх зношення, порушення регулювання в гальмівній системі або системі керування, двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ), підвіски, коробки переключення передач і т. ін. Тому аналіз експертних оцінок стану ТЗ після АС і умов їх протікання дозволяє встановити передумови аварійних ситуацій, що у якості першопричин вказують на більш значну кількість АС, які викликаються технічними несправностями.

З відомих основних «технічних» і «людських» причин АС з нещасними випадками (НВ), у т. ч. зі смертельними наслідками, відноситься і така, як падіння потужності або відмова двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ), особливо коли вони відбуваються на небезпечній ділянці шляху.

Технічні несправності автомобіля (10 – 15% загальної кількості причин АС) розподіляються на несправності гальмівної системи (до 50%), рульового управління (14%), системи освітлення та сигналізації (16%), ДВЗ (10%), а також інших вузлів і агрегатів (редуктора ведучого мосту, карданної передачі, коробки переключення передач). Необхідно звернути увагу на підвищену частку і тяжкість наслідків (25%), якими характеризувалися АС через технічну несправність вантажних автомобілів, основна їх кількість (45,4%) пов'язана з тими з них, що знаходяться в експлуатації від 5 до 10 років. Близько половини здійснені водіями вантажних автомобілів, термін експлуатації яких становить понад 10 років.

В [7] показано, що при експлуатації дизельних легкових пасажирських і вантажних автомобілів часто причиною дорожньо-транспортної пригоди може бути те, що під час руху дизель раптово глохне і не запускається. Це пов'язане передусім з відмовою паливного насосу високого тиску (ПНВТ), серед причин якої є зношення плунжерної пари, що істотно впливає на безперебійну роботу і можливу втрату ДВЗ потужності або його відмову (загалом до 70 %) [9]. А в [11] на основі багаточисельних досліджень зазначено, що ПНВТ не забезпечує необхідну надійність експлуатації ДВЗ і обумовлює 25...30 % усіх його відмов.

Методика

Головна вимога до використання того чи іншого методу полягає у тому, щоб можна було з прийнятною для практики точністю оцінити ризик виникнення небезпечної, критичної або аварійної ситуації, яка у більшості випадків призводить до нещасного випадку.

Це дає можливість для економії фінансових і матеріальних ресурсів в умо-

вах розвитку технічного прогресу, головними характеристиками якого є довговічність, ремонтпридатність і безпека. Адже пристрої вищезазначених засобів експлуатуються у різних середовищах при значних коливаннях динамічних і температурних показників, у тому числі і в закритих системах, які є важкодоступними для контролю їх технічного стану, ремонту, відновлення. Особливо це стосується пар тертя, оскільки їх ремонт є дороговартісною процедурою і призводить до зростання накладних витрат під час експлуатації. Навіть у розвинутих країнах ремонтом різних виконавчих механізмів, на які витрачається п'ята частина усього металу, що виплавляється, зайнято, згідно з [1], біля 30% загальної чисельності робітників і така ж частина верстатного парку.

А, оскільки, поняття «ризик» встановлює не тільки частоту прояву небезпеки, а і наслідки її впливу на людину, навколишнє виробниче та природне середовище у вигляді соціально-економічних збитків, то актуальною є їх оцінка при використанні в технічних системах пар тертя, зокрема плунжерних пар ДВЗ транспортних засобів.

При вирішенні поставленої задачі використовували методи аналізу і узагальнення наукових результатів, аналізу травматизму, системного і багатofакторного регресійно-кореляційного аналізу, прогнозування, експертних оцінок, техніко-економічного аналізу, а також діючи в Україні «Методику визначення соціально-економічної ефективності заходів щодо поліпшення умов і охорони праці» [12], «Методику визначення соціально-економічних втрат від дорожньо-транспортних пригод М 218-03450778-695:2011 [8].

Мета дослідження

Дослідження і впровадження нових методів та засобів оцінки, прогнозування виробничого ризику на промислових, гірничодобувних підприємствах і об'єктах будівництва, транспорті тощо, для планування, розробки заходів щодо їх зменшення при виготовленні, випробуваннях і експлуатації елементів та вузлів, у т.ч. і прецизійних механізмів, зокрема, плунжерних пар (ПП) насосів, гідромоторів, ДВЗ транспортних засобів є актуальною проблемою. Вона пов'язана з тим, що зношення ПП є потенційно небезпечним і може привести до соціальних і економічних збитків, а також до травмування і загибелі людей.

За результатами дослідження причин і показників виробничого ризику при експлуатації ПП в паливних насосах високого тиску дизельних ДВЗ, що застосовуються в різних видах транспортної техніки, і моделей безрозбірного відновлення їх поверхонь тертя [7], була встановлена необхідність у визначенні можливої їх частки у соціально-економічних наслідках аварійних ситуацій, які виникають при експлуатації таких ДВЗ. Це дозволить встановити вплив зношення ПП на ризик відмови ДВЗ, що може призвести до матеріальних і соціальних збитків.

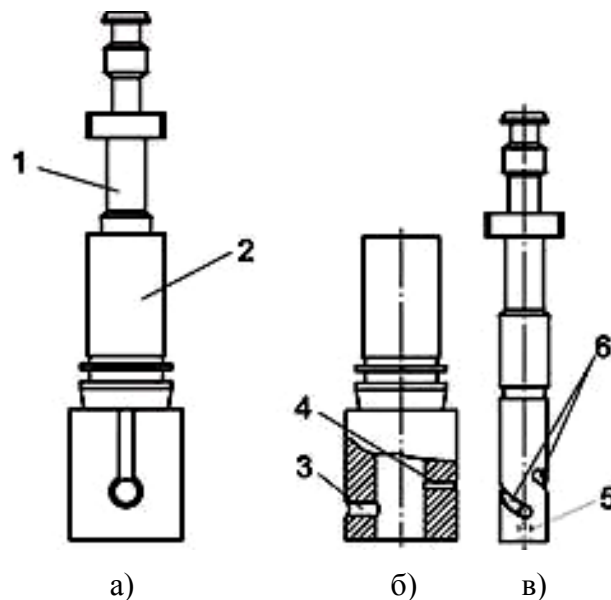
Результати дослідження

Відомо, що паливний насос високого тиску – це один з найважливіших вузлів будь-якого дизельного ДВЗ. За його допомогою паливо подається в двигун таким чином, щоб у камери згоряння потрапляла не рідина, а паливно-повітря-

на суміш. На роботу ПНВТ значно впливає плунжерна пара, оскільки завдяки їй здійснюється розподіл і подача цієї суміші [4]. Конструктивно ПП складається з двох основних елементів – плунжера 1, який має вигляд невеликого поршня циліндричної форми, і втулки 2 (рис. 1).

При роботі ПНВТ плунжер зворотно-по-ступально рухається всередині втулки, завдяки чому здійснюється всмоктування і нагнітання палива. Плунжерна пара ПНВТ має отвори на втулці, через які відбувається подача дизпалива для нагнітання, тому головна функція ПП полягає у вимірюванні точної кількості пального для його подачі в циліндри ДВЗ під певним тиском в потрібний момент.

Зношені плунжерні пари на режимі роботи насоса, що відповідає мінімально-стійким обертам дизеля, знижують циклову подачу до неприпустимих величин. Це призводить до того, що в циліндрах, в які потрапляє мало палива, з'являються пропуски спалахів, ДВЗ починає вібрувати, збільшується витрата палива, воно погано згорає. На стінках камери згоряння, форсунки і клапанах відкладається нагар, закоксовуються розпилювачі форсунок.



1 – плунжер; 2 – втулка; 3, 4 – отвори для подачі палива;
5 – дефекти на поверхні плунжера; 6 – канавки

Рисунок 1 - Загальний вид ПП (а) та конструктивні особливості втулки (б) і плунжера (в)

Для того, щоб не відбувалося витоку палива при високому тиску, зазор між гільзою і плунжером у новій ПП дорівнює всього 1-3 мкм, що відносить її до прецизійних механізмів, а деталі виготовляють з високою точністю з міцної загартованої сталі. Це впливає на її вартість, яка, наприклад, для оригінальної ПП на сідловий тягач МАН 26422 становить близько 975 дол. США [2].

Під час експлуатації ПП нищівною для неї є наявність в дизельному паливі води, попадання якої в зазор між прецизійними деталями порушує паливну плівку, що змащує пару на поверхнях тертя, і плунжер деякий час працює без

змащення. В результаті чого утворюються так звані «задири» на поверхнях, і деталі заклинює. Крім того, вода сприяє корозії гільзи і плунжера, що призводить до утворення раковин і перевитратам палива. При потраплянні в механізм плунжерної пари з-за неякісного палива абразивного пилу і різних домішок, відбувається інтенсивне зношення на локальних ділянках поверхонь тертя деталей ПП, що так само порушує роботу ПНВТ та ДВЗ, знижує його потужність при підвищенні питомого розходу палива і сприяє посиленому забрудненню навколишнього середовища

В [7] на основі аналізу способів і моделей ремонту і відновлення поверхонь тертя деталей показано, по-перше, їх недоліки, а по-друге, доведено перспективність і необхідність їх здійснення у процесі експлуатації, тобто, без розборки ПНВТ, оскільки при своєчасному виконанні, з необхідною якістю безрозбірного відновлення, перестануть збільшуватися показники виробничого ризику, а напрацювання на відмову цього вузла виросте, що зменшить людські і матеріальні витрати при виникненні АС.

Авторами математичним моделюванням і розрахунком доведено, що впровадження заходів, пов'язаних зі збільшенням напрацювання на відмову ДВЗ, а саме шляхом своєчасного відновлення лише плунжерної пари, дасть можливість збільшити імовірність безвідмовної роботи ПНВТ, гідравлічної і пневматичної системи ДВЗ та зменшити імовірність його функціональної відмови. Це, відповідно, знижує імовірність виникнення аварійної ситуації та спричинення шкоди здоров'ю водія автомобіля з дизельним ДВЗ, ПНВТ якого має плунжерну пару.

Існуюча в Україні «Методика визначення соціально-економічної ефективності заходів щодо поліпшення умов і охорони праці» [12] направлена на забезпечення:

- а) можливості розрахунків на всіх рівнях управління охороною праці;
- б) врахування інтересів власника підприємства, найманих працівників та держави;
- в) можливість порівняння показників між собою та з показниками іншого періоду;
- г) максимальної інформативності при обмеженості даних;
- г) незалежність власника підприємства при виборі критеріїв ефективності стратегії і тактики працезахоронної діяльності на підприємстві;
- д) простоти і оперативності розрахунку ефективності;
- е) можливості використання показників поодинокі та в комбінаціях.

Вона опрацьована за результатами аналізу вітчизняного та зарубіжного досвіду, а саме, країн з розвинутою ринковою економікою, і була достатньою у свій час. Але в останні роки, при її використанні для оцінки ефективності заходів із зменшення кількості та наслідків нещасних випадків на виробництві виникають деякі неузгодженості. Вочевидь, вони полягають у тому, що в її основу не покладено ризик-орієнтований підхід у стандартизації працезахоронної діяльності, який існує відповідно до вимог OHSAS 18001:1999 (2010) та ISO 9001:2000, які почали інтенсивно впроваджувати в країнах Євросоюзу саме в період виходу названої методики [12]. Цей недолік поступово ліквідується за-

початкуванням дії в Україні з 2007 р. ДСТУ-П ОHSAS 18001:2006 «Системи управління гігієною та безпекою праці. Вимоги» (з 2011 р. – ДСТУ ОHSAS 18001:2010) та з 2016 р. – ДСТУ ISO 9001:2015 «Системи уп-равління якістю. Вимоги». Це, у першу чергу, стосується визначення ефективності заходів щодо поліпшення умов і охорони праці на макроекономічному рівні.

Так, за цією методикою, доля витрат на відшкодування шкоди потерпілим внаслідок травми на виробництві і професійних захворювань (ПЗ) у валовому внутрішньому продукті визначається за формулою

$$D = \frac{\sum B_{\Pi}}{ВВП}, \quad (1)$$

де $\sum B_{\Pi}$ – сума витрат на компенсації потерпілим внаслідок травм і ПЗ, грн.; ВВП - валовий внутрішній продукт, грн. Причому

$$\sum B_{\Pi} = B_x + B_p + B_l + B_c + B_z + B_{cd} + B_i + B_{ck}, \quad (2)$$

де B_x – виплати по лікарняних листках; B_p – разові виплати; B_l – доплати при переведенні на полегшену роботу; B_c – виплати за стаціонарне лікування потерпілих у медичних закладах; B_n – виплати на навчання працівників; B_z – доплати на компенсації втраченого заробітку; B_{cd} – витрати на соціальну допомогу; B_i – виплати пенсій інвалідам за трудовим каліцтвом чи ПЗ та утриманням загиблих; B_{ck} – витрати на санаторно-курортне лікування.

В [5] на основі аналізу актів розслідування виробничих нещасних випадків, які сталися на машинобудівному чи гірничому підприємстві, вказано, що стресові ситуації, які відчувалися потерпілими незалежно від того – отримали вони інвалідність чи вважаються відновившимися після травми, переживаються ними не тільки під час, а і після нещасного випадку (НВ). Вони зазначають, що до повної адаптації не дійти і через 20 років, оскільки це відбувається несвідомо і щоденно під час виникнення ознак загрози не тільки їм, а і іншим людям, у виробничих умовах.

На такому підході було побудовано обґрунтування доцільності графа варіацій розвитку наслідків НВ, який починається з виникнення стресової ситуації і закінчується нею ж у тих випадках, коли потерпілий залишається живим. Також було враховано те, що оскільки переважній кількості травмованих Фонд соціального забезпечення і лікарні в теперішніх умовах не в змозі надати повну адаптацію, замінити її на часткову. Це дозволило вдосконалити структуру соціально-економічного збитку, що виникає внаслідок впливу на людину і суспільство трудового процесу та виробничого середовища, крім відомими матеріальним і моральним ще й «прихованим збитком», який обумовлюється стохастичними ефектами порушення здоров'я працівників і домінує у структурі соціального збитку,

досягаючи 92% від його максимального значення.

Причому, що є важливим внаслідок аналізу наведеної методики [12] і можливості її використання для оцінки соціально-економічної ефективності заходів зі зменшення ризику виникнення АС, наприклад, підвищенням терміну напруження на відмову плунжерних пар дизельних ДВЗ шляхом їх безрозбірного відновлення, в [5] було на різних структурах соціально-економічного збитку доведено можливість прояву прихованої її складової у короткостроковій та довгостроковій перспективах для людини і суспільства. До неї віднесено скорочення терміну життя окремого індивідуума, а також зниження якості життя внаслідок травми або ПЗ, зростання захворювань.

На цю сторону втрат звертають увагу і інші автори, зокрема, в [10] було відмічено, що особливу складність представляє оцінка соціальних втрат від залучення людей у АС і тому для їх прогнозування більш перспективними є математичні методи [6], засновані на аналізі ризиків.

Відомо, що втрати від загибелі та поранення людей становлять найбільшу частину втрат від АС і включають наступні соціально-економічні втрати: через вибуття людини із сфери матеріального виробництва; держави при виплаті пенсій по інвалідності та у разі втрати годувальника, а також при оплаті лікування в лікарнях і тимчасової непрацездатності. При цьому для оцінки втрат через вибуття людини із сфери виробництва використовується метод загальних доходів.

Очікуваний прибуток за методикою [12] від варіанта працезохоронного заходу у вигляді коштів, які заощаджуються за рахунок зменшення кількості потерпілих внаслідок аварії, НВ, ПЗ і, відповідно, зменшення виплат на ці цілі, визначається таким чином. Спочатку розраховується щорічна сума відшкодування за травми і ПЗ для кожної причини у випадку, коли кожен з варіантів не впроваджується, тобто все залишається без змін

$$B_{\Pi} = m_c \cdot B_c + m_i \cdot B_i + m_m \cdot B_m, \quad (3)$$

де B_{Π} – сума витрат на відшкодування потерпілим від аварій, нещасних випадків чи ПЗ, викликаних кожною з причин; m_c , m_i , m_m – відповідно кількість НВ зі смертельними наслідками, інвалідністю та з тимчасовою втратою працездатності по кожній із причин; B_c – прогнозована сума відшкодувань за один випадок зі смертельним наслідком; B_i – сума відшкодувань за один випадок інвалідності; B_m – середня вартість відшкодувань за один НВ чи ПЗ з тимчасовою втратою працездатності.

У випадках відсутності фактичних даних по відшкодуваннях та при ускладненні їх достовірної оцінки за методикою [12] допускається використовувати середні для країни, галузі чи інших підприємств аналогічного профілю значення витрат по кожному з наслідків НВ чи ПЗ.

Щорічна економія коштів на відшкодування потерпілим після запровадження варіанта працезохоронного заходу (очікуваний прибуток) визначається за формулою

$$R_m = \frac{B_{\Pi} \cdot \Delta M_k}{100}, \quad (4)$$

де ΔM_k – зменшення у відсотках очікуваної кількості АС, НВ та ПЗ після впровадження розробленого заходу, що нейтралізує конкретну причину.

Критерій «витрати/прибуток», який показує відношення витрат на такий захід до очікуваного прибутку, розраховується за формулою

$$K_{ВП} = \frac{B}{R_m}, \quad (5)$$

де $K_{ен}$ – критерій «витрати/прибуток»; B – витрати на працезохоронний захід; R_m – економія відшкодувань (очікуваний прибуток) від його запровадження.

Існуюча у даний час Методика [8] дає змогу визначити всі необхідні проміжні дані для вищенаведеної схеми з урахуванням специфіки НВ, пов'язаних з ДТП. Причому вона є більш досконалою з точки зору сучасного підходу до прискіпливого врахування усіх особливостей АС. Наприклад, вона у загальних варіантах від загибелі та поранення людей включає в себе елементи як прямих, так і непрямих витрат, розділяючи при цьому витрати держави при загибелі годувальника, дітей, і осіб, що не мають сім'ї, з сімейними.

Причому, у ній для оцінки витрат через вибуття людини зі сфери матеріального виробництва використовується метод загальних доходів, основою якого є грошова оцінка економічної корисності, яку суспільство отримає завдяки тому, що вдасться запобігти загибелі людини у ДТП. При такому підході власне споживання людини розглядається як складова частина державного прибутку, отриманого від виробничої та соціально-економічної діяльності окремих громадян.

Крім того, методика [8] у загальних витратах від загибелі і поранення людей, що не мали сім'ї, враховує доходи $D_{нп}$, які б вони принесли, якби працювали з моменту загибелі до пенсії. Зокрема,

$$D_{НП} = \sum_{n=1}^m D \cdot (1 + t_p) \cdot i^n / (1 + r)^n, \quad (6)$$

де D – недоотриманий валовий внутрішній продукт на одного працюючого за рік, на який ведеться розрахунок, грн.

$$D = \frac{B_{КС} + B_H}{N_r}, \quad (7)$$

$B_{кс}$ – кінцеві споживчі витрати сектору загально державного управління за рік,

на який ведеться розрахунок, грн; B_n – валові накопичення за цей же рік; N_r – середньорічна чисельність економічно активного населення, чол.; t_p – прогноз темпу зростання ВВП; i – величина індексу ВВП за даний період (в долях в поточних цінах); m – середня кількість років, які б людина працювала з моменту загибелі до пенсії; r – коефіцієнт дисконтування (у частках одиниці).

Але, на наш погляд, і ця методика має недоліки, оскільки порядок визначення соціально-економічних витрат від АС серед прямих витрат не включає ті, що ідуть на виконання аварійно-рятувальних робіт ДСНС. Адже серед них можуть бути пов'язані не лише з визволенням людей із понівеченого автотранспортного засобу, чи гасінням пожежі на місці АС. Нерідко у АС підрозділи ДСНС (ДВГРС) проводять специфічні роботи з мінімізації шкоди, яка завдається навколишньому середовищу і людям внаслідок розливу (випаровування) отруйних і горючих речовин, тощо.

При визначенні загального економічного збитку від АС необхідно врахувати наступні, передбачені законодавчими актами, виплати та компенсації по відшкодуванню шкоди, що заподіяна життю та здоров'ю, які несе Фонд соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань України:

- а) середній розмір допомоги на одного потерпілого – 10,8 тис. грн.;
- б) одноразова допомога в разі смерті потерпілого на одну сім'ю (І кв. 2016) – 124,1 тис. грн.;
- в) середній розмір виплати на одного утриманця – 29,8 тис. грн.

Діюча на цей час максимальна страхова сума за життя та здоров'я при обов'язковому страхуванні цивільної відповідальності власників транспортних засобів складає 102 тис. грн., а Законом України «Про обов'язкове страхування цивільно-правової відповідальності власників наземних транспортних засобів» забезпечується виплата:

- а) у разі встановлення відповідних груп інвалідності:
 - 1) 36 мін. з.п. (яка з 1.01.2017 р. становить 3200 грн.) для I групи;
 - 2) 18 мін. з.п. для II групи;
 - 3) 12 мін. з.п. для III групи;
- б) утриманцям одного померлого, мінімально – 36 мін. з.п.;
- в) моральної шкоди, заподіяної смертю фізичної особи – 12 мін. з.п.

Існуючі підходи щодо вдосконалення визначення збитку від АС полягають у тому, що обрахунок:

- а) економічних втрат і витрат держави базується на офіційних даних та обрахунку збитків, а також недоотриманих доходів держави;
- б) економічних втрат і витрат держави базується на офіційних даних, обрахунку збитків, недоотриманих доходів держави;
- в) соціально-економічних збитків за валовим методом (gross output) базується на оціночних, узагальнених даних, враховує всі витрати держави.

Отже зважаючи на викладені методологічні особливості визначення соціально-економічних витрат від ДТП необхідно взяти до уваги ту обставину, що,

як було зазначено вище, від 20% до 30% відмов ДВЗ відбувається через відмови паливної апаратури високого тиску, а саме через зношення плунжерної пари [11].

Результати математичного моделювання і розрахунків імовірності виникнення аварійної ситуації при експлуатації автомобіля, виконаних відповідно до [6] і з використанням «дерева відмов» та «дерева ризиків», показали можливість збільшення імовірності безвідмовної роботи ПНВТ дизельного ДВЗ шляхом, наприклад, безрозбірного відновлення за розробленою методикою. При цьому, доведення інтенсивності відмов ПП за позиціями, що мають відношення до її роботи (зменшення перерв у роботі ДВЗ, зношення штанги плунжера, його заклинювання, зменшення забруднення форсунок ПП, зношення форсунок та гідравлічної головки плунжерної пари), до величин, які є порівнюваними з показниками безвідмовної роботи інших елементів ДВЗ і відповідають власним на половині терміну безремонтної експлуатації (при $t = 7000 \dots 10000$ год.), наприклад, до $P_{11} = 0,835$, $P_{13} = 0,945$, $P_{14} = 0,925$, $P_{15} = 0,878$, $P_{16} = 0,85$, $P_{17} = 0,78$, може призвести до:

а) збільшення імовірності безвідмовної роботи ПНВТ з величини, яка складає $P_i = 0,1372$ до $P_i = 0,4249$. А імовірність відмов підсистеми, до якої належить ПНВТ з плунжерною парою, зменшиться з $Q_i = 0,8628$ до $Q_i = 0,5476$ або на 33,35 %;

б) збільшення імовірності безвідмовної роботи гідравлічної системи, до якої відноситься ПНВТ, з величини, яка складає $P_e = 0,1014$ до $P_e = 0,4324$. А імовірність відмов цієї системи, зменшиться з $Q_e = 0,8628$ до $Q_e = 0,6859$ або на 20,51 %;

в) зменшення імовірності функціональної відмови ДВЗ з $Q_s = 0,9738$ до $Q_s = 0,9189$ або на 5,64 %;

г) зменшення імовірності загальної відмови ДВЗ з $Q_a = 0,9916$ до $Q_a = 0,974$ або на 1,78 %.

Тобто відсоток ризику відмов ДВЗ при впровадженні безрозбірного відновлення ПП під дією електромагнітного поля у мастильному середовищі при напруженні на відмову упродовж терміну експлуатації $t = 20000$ год. буде зменшено на 1,78 %, що призведе до зниження кількості АС з-за відмов ДВЗ, які відносяться до технічних причин і складають до 8% від їх загальної кількості.

У 2015 р. серед усіх зовнішніх причин смертності в Україні ДТП та транспортні АС на виробництві займають третє місце. Внаслідок 17,1% з них (тобто у кожного шостому випадку) постраждали люди.

Беручи до уваги вищенаведені дані та результати розрахунків, що вказують на зменшення імовірності відмов ПНВТ, функціональних і загальних відмов ДВЗ, а також кількості останніх серед технічних причин АС, можна за вище наведеними формулами (3)...(6) з методик [8, 12] визначити очікуваний річний економічний ефект від впровадження безрозбірного відновлення ПП, що призведе до зменшення кількості АС.

Висновки

Доведено, що відсоток відмов ДВЗ, який складає 8% від загальної кількості технічних причин транспортних АС на виробництві при впровадженні безрозбірного відновлення ПП під дією електромагнітного поля у мастильному середовищі при напрацюванні на відмову упродовж терміну $t = 20000$ год., зменшується на 1,78%.

У результаті виконаного дослідження визначено, що, крім очікуваного ефекту від зниження ризику виникнення АС, його розмір суттєво впливають і інші складові, які несе держава, але його конкретна величина залежить від типу, конструктивних особливостей, умов і терміну експлуатації ТЗ, наявності та кількості пасажирів, різновиду вантажу, що перевозиться, місця виникнення АС його віддаленості від місць дислокації медичних та аварійно-рятувальних служб.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Белов, П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере / П.Г. Белов. – Москва: Изд. центр Академии ГЗ МЧС РФ, 2003. – 512 с.
2. Восстановление плунжерных пар Bosch, Zexel, ремонт ТНВД. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://blog.i.ua/user/2745492/594917>. - Назва з екрану.
3. Говорущенко, Н.Я. Обеспечение безопасности движения на автомобильном транспорте: монография / Н.Я. Говорущенко, В.П. Волков, И.К. Шаша. – Харьков: Изд. ХНАДУ, 2007. – 361 с.
4. Дизельная топливная аппаратура / В.Е. Горбаневский, В.Г. Кислов, Р.М. Баширов, В.А. Марков. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1996. – 140 с.
5. Гунченко, О.М. Удосконалення системи управління охороною праці на машинобудівних підприємствах: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.26.01 / Гунченко Оксана Миколаївна; СНУ ім. В. Даля. - Луганськ, 2007. – 20 с.
6. Живетин, В.Б. Введение в анализ риска. Серия «Риски и безопасность человеческой деятельности» книга 1 / В.Б. Живетин. – Москва: Информ.-изд. Центр «Бон Анца», 2008. – 384 с.
7. Дослідження причин виробничого ризику при експлуатації плунжерних пар і моделей відновлення їх поверхонь тертя / М.А. Касьянов, Б.Д. Халмуратов, О.М. Гунченко, С.М. Занько // Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия: БЖД. Сб. науч. тр. ПГАСА. – Днепр: ГВУЗ ПГАСА, 2016, вып. 93. – С. 298-310.
8. Методика визначення соціально-економічних втрат від дорожньо-транспортних пригод М 218-03450778-695:2011. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64471.- Назва з екрану.
9. Мозговой, И.В. Исследование процесса изнашивания плунжерных пар топливной аппаратуры и реализация метода безразборного восстановления / И.В. Мозговой, Н.Г. Макаренко, Е.В. Доровских // Омский научный вестник. – Омск, 2010. - вып. № 3(93). – С. 110-112.
10. Рябушенко, О.В. Аналіз методів оцінки ризиків дорожньо-транспортних пригод / О.В. Рябушенко // Вісник НТУ «ХП». – Харків, 2013. - № 38 (1011). – С. 191-197.
11. Таусенев, Е.М. Надежность, основные неисправности и причины отказов насосов высокого давления аккумуляторных топливных систем дизелей / Е.М. Таусенев, А.Е. Свистула // «Наука и образование». Электронный научно-технический журнал. – Москва: Научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – Вып. 9. – С. 81-96.
12. Методика визначення соціально-економічної ефективності заходів щодо поліпшення умов і охорони праці / К.Н. Ткачук, М.О. Лисюк, І.А. Лучко, А.О. Водяник, С.П. Ткачук, Г.Г. Лесенко, В.І. Гордани. – Київ: Основа, 1999. – 95 с.

REFERENCES

1. Belov, P.G. (2003), *Sistemny analiz i modelirovaniye opasnykh processov v tekhnosfere* [Systems analysis and design of dangerous processes in technosphere], Izd. centr Akademii GZ MChS RF, Moscju, RU.
2. Renewal of the plunzher pair Bosch, Zexel, the TNVD repair, available at: <http://blog.i.ua/user/2745492/594917>

3. Govorushhenko, N.Ja., Volkov, V.P. and Shasha, I.K. (2007), *Obespecheniye bezopasnosti dvizheniya na avtomobilnom transporte: monografiya* [Providing of safety of motion on a car transport: monograph], Izd. HNADU, Kharkov, UA.
4. Gorbanevsky, V.Ye., Kislov, V.G., Bashirov, R.M. and Markov, V.A. (1996), *Dizelnaya toplivnaya apparatura* [Diesel fuel equipment], Izdatelstvo MGTU im. N.E. Baumana, Moscow, RU.
5. Gunchenko, O. M. (2007), «Improvement of the control system by a labour protection on machine-building enterprises», abstract of Ph.D. dissertation, 05.26.01, SNU im. V. Dalya, Lugansk, UA.
6. Zhivetin, V.B. (2008), *Vvedeniye v analiz riska. Seriya «Riski i bezopasnost chelovecheskoy deyatelnosti» kniga 1* [Introduction to the analysis of risk. Series «Risks and safety of human activity» the book 1], Inform.-izd. Centr «Bon Anca», Moscow, RU.
7. Kasyjanov, M.A., Khalmuradov, B.D., Gunchenko, O.M. and Zanko, S.M. (2016), «Research of reasons of production risk during exploitation of plunzher pair and models of renewal of their surfaces of friction», *Stroitelstvo, materialovedeniye, mashinostroeniye. Seriya: BZhD. Sb. nauch. tr. PGASA*, no.93, pp. 298-310.
8. «Method of determination of socio-economic losses from the road-transport adventures of M 218-03450778-695:2011», available at: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64471.
9. Mozgovoij, I.V., Makarenko, N.G., Dorovskikh, Ye.V. (2010), «Research of process of wear of plunzher pair of fuel apparatus and realization of method of unfolding renewal», *Omskiy nauchny vestnik*, no. 3(93), pp.110-112.
10. Ryabushenko, O.V. (2013), «Analysis of methods of estimation of risks of road-transport adventures», *Visnyk NTU «HPI»*, no. 38 (1011), pp. 191-197.
11. Tausenev, Ye.M. and Svistula, A.Ye. (2012), «Reliability, basic disrepairs and reasons of refusals of pumps of high pressure of the accumulator fuel systems of diesels», *Nauka i obrazovaniye. Elektronny nauchno-tehnicheskij zhurnal*, no. 9. pp. 81-96.
12. Tkachuk, K.N., Lysyuk, M.O., Luchko, I.A., Vodyanik, A.O., Tkachuk, S.P., Lesenko, G.G. and Gordan, V.I. (1999), *Metodyka vyznachennya sotsialno-ekonomichnoy efektyvnosti zahodiv shchodo polipshennya umov i ohorony pratsi* [Method of determination of socio-economic efficiency of measures on the improvement of terms and labour protection], Osnova, Kyiv, UA.

Про автора

Занько Сергій Миколайович, магістр, асистент кафедри безпеки життєдіяльності, Національний авіаційний університет, Київ, Україна, q22-22@ukr.net

About the author

Zanko Sergiy Mykolayovych, Master of Science, Assistant of the Department Safety of Vital Activity, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, q22-22@ukr.net

Аннотация. По результатам исследования причин и показателей производственного риска при эксплуатации плунжерных пар в топливных насосах высокого давления дизельных двигателей внутреннего сгорания, которые применяются в разных видах транспортной техники, и методов безразборного восстановления их поверхностей трения, была установлена необходимость в определении их доли в экономически-социальных последствиях аварийных ситуаций, возникающих при эксплуатации таких двигателей внутреннего сгорания, в частности, при использовании транспортных средств для выполнения работ в поверхностных комплексах угольных шахт. Доведено, что при ранее установленном уменьшении процента отказов двигателей внутреннего сгорания, который составляет 8% от общего количества технических причин аварийных ситуаций, при внедрении безразборного восстановления плунжерных пар под действием электромагнитного поля в смазочной среде при наработке на отказ на протяжении 20000 часов, на 1,78%, увеличивается величина общего ожидаемого экономического эффекта, относительно показателей 2015 г., в отношении прямых материальных расходов, связанных только с ремонтом транспортных средств с незначительными повреждениями, без учета травматических последствий аварийных ситуаций на угольных шахтах.

Ключевые слова: аварийная ситуация, плунжерная пара, топливный насос, дизельный двигатель внутреннего сгорания, риск, травматизм, социально-экономические последствия.

Abstract. On results research of reasons and indexes of production risk during exploitation of

plunzher pair in the fuel pumps of high pressure of diesel combustion engines, which are used in different types of transport technique, and methods of indisassemble renewal of their surfaces of friction, a necessity in determination of their stake in the economic-social consequences of emergency situations arising up during exploitation of such combustion engines was set, in particular, at the use of transport vehicles for implementation of works in the superficial complexes of coal mines. It is led to, that at the pre-established diminishment percent of refusals of combustion engines, which makes 8% from the common amount of technical reasons of emergency situations, at introduction of indisassemble renewal of plunzher pair under action of the electromagnetic field in a lubricating environment at work on the refusal during 20000 hours, on 1,78%, is multiplied the size of the general expected economic effect, in relation to the indexes of 2015, in regard to the direct material maintenances related only to repair of transport vehicles with the insignificant damages, without taking into account traumatic consequences of emergency situations on coal mines.

Keywords: emergency situation, plunzher pair, fuel pump, diesel combustion engine, risk, traumatism, socio-economic consequences.

Статья поступила в редакцию 29.03. 2016

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук Т.В. Бунько