

СЪВРЕМЕНЕН ПОДХОД ЗА ОСЪЩЕСТВЯВАНЕ НА ЕФЕКТИВЕН КОНТРОЛ И ИНЖЕНЕРНА ПОДДРЪЖКА НА СЪСТОЯНИЕТО НА МАШИНИЯ ПАРК НА СТРОИТЕЛНА ФИРМА

Петър Шушулов¹, Георги Иванов², Калин Радлов³, Лъчезар Хрисчев⁴

MODERN APPROACH FOR EFFECTIVE CONTROL AND ENGINEERING SUPPORT OF THE STATE OF THE MACHINE PARK OF CONSTRUCTION COMPANY

Petar Shushulov¹, Georgi Ivanov², Kalin Radlov³, Lachezar Hrishev⁴

Abstract:

In terms of construction production in Bulgaria, the possibilities for timely and quality execution of an efficient building process through modern technologies largely depends on the technical condition and the preparation of the machine park. Engineers responsible for the control and maintenance of construction machinery should be well aware of current approaches and trends in the field, which are mainly required through new regulatory documents, standards, technical achievements and innovations in building practice. The present paper offers a modern approach to controlling the technical condition and engineering support of building machinery for construction companies, which aims to help the more efficient operation of the available construction machines as well as to improve the possibilities for timely and quality execution of the construction processes.

Keywords:

Construction Machines, Operation, Control, Technical Condition, Engineering Support.

¹ Петър Шушулов, асистент, инж., катедра „Технология и механизация на строителството“, Строителен факултет, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, 1046 София, *e-mail*: pshushulov_fce@uacg.bg;

Petar Shushulov, Assist. Prog., Eng., Department of Construction Technology and Mechanization, Faculty of Structural Engineering, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., 1046 Sofia, Bulgaria; *e-mail*: pshushulov_fce@uacg.bg.

² Георги Иванов, докторант, катедра „Технология и механизация на строителството“, Строителен факултет, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ № 1, 1046 София, *e-mail*: givanov_fce@uacg.bg;

Georgi Ivanov, PhD Student, Department of Construction Technology and Mechanization, Faculty of Structural Engineering, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., 1046 Sofia, Bulgaria; *e-mail*: givanov_fce@uacg.bg.

³ Калин Радлов, доц. д-р инж., катедра „Технология и механизация на строителството“, Строителен факултет, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, *e-mail*: kradlov@abv.bg;

Kalin Radlov, Assoc. Prof. Dr. Eng., Department of Construction Technology and Mechanization, Faculty of Structural Engineering, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., 1046 Sofia, Bulgaria; *e-mail*: kradlov@abv.bg.

⁴ Лъчезар Хрисчев, доц. д-р инж., катедра „Технология и механизация на строителството“, Строителен факултет, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, *e-mail*: l.hrishev@abv.bg;

Lachezar Hrishev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Department of Construction Technology and Mechanization, Faculty of Structural Engineering, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., 1046 Sofia, Bulgaria; *e-mail*: l.hrishev@abv.bg.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Строителният процес представлява една своеобразна трансформация на предварително разработен проект в реална строителна конструкция, което се осъществява чрез участието на хора, материали, както и с помоща на различни строителни машини и оборудване. Установено е, че един от основните причинители за закъснения и нарушения в сроковете за изпълнение на производствените планове на съвременните строителни фирми е именно възникването на непредвидени (аварийни) откази на строителните машини и оборудване [1], което води до продължителни прекъсвания и нарушения на строителните процеси, а оттам и до финансови загуби. За минимизирането на подобни негативни ефекти от непредвидени откази на машините е необходимо възприемането на правилна (оптимална) стратегия при управлението на машинния парк, което е неизменно свързано с установяването на ефективни Програми за ремонт и поддръжка. От друга страна е установено, че степента на оптималност на Програмите за ремонт и поддръжка на машините оказва съществено влияние и върху общите разходи за машинния парк на фирмата, тъй като разходите за ремонт представляват около 37% част от общите разходи [2]. Предвид това, не е препоръчително големи строителни фирми, изпълняващи отговорни строителни дейности, да оперират без наличието на предварително разработена стратегия за управление, ремонт и поддръжка на машинния парк.

Основната цел на настоящата разработка е да предложи един съвременен подход за разработка на ефективни Програми за ремонт и поддръжка на машинния парк, изразяващ се в следването на някои основни принципи и правила. В края са изложени важни изводи, аспекти и препоръки, свързани с ремонта и техническата поддръжка на машинния парк, които трябва да подпомогнат инженерите-мениджъри при решаването на следните важни цели, свързани с организацията на ремонта и поддръжката на машинния парк, а именно: изразходване на възможно най-малко разходи за ремонт и поддръжка на машините; качествено и навременно изпълнение на предстоящите строителни процеси с помоща на наличните машини; постигане на максимален експлоатационен живот и ефективност от ползването на машините.

2. ИЗЯСНЯВАНЕ НА СТЕПЕНТА НА ВАЖНОСТ НА ПРОГРАМИТЕ ЗА РЕМОТ И ПОДДРЪЖКА

Основната цел на поддръжката и ремонта на машините е да се гарантира необходимото ниво на надеждност и степен на безопасност по време на експлоатация, както също и поддръжане на определени експлоатационни показатели. Разработки, в които се разглеждат специфични въпроси, свързани с анализ на работни характеристики на строителни машини са разгледани в [3] и [4]. Нивото и качеството на извършваните дейности по ремонт и поддръжка оказва силно влияние върху запазване на работните характеристики на машината, безопасността при работа, качеството на изпълняваните работи от съответната машина, производителността, както и върху поддръжането на организирана база данни за извършените ремонтни дейности и поддръжка.

Продължителността на физическия живот на стоителните машини зависи до голяма степен от ефективността на възприетите Програми за ремонт и поддръжка. Правилната поддръжка и ремонт на машината могат значително да възпрепятстват факторите на физическо стареене у компонентите на машината, а оттам да доведат и до по-дълъг физически живот. От друга страна, икономическият живот на машина представлява такъв период от време (значително по-кратък от физическия живот), през който най-печелившият вариант за строителната фирма е именно този, да осъществява експлоатацията на въпросната машина. Икономическият живот на машината е основният показател, на база на който трябва да бъде определен пределният срок за ползване, след

който да се извърши замяна на машината с нова. Установено е, че икономическият живот на машината завършва в момента, когато общите разходи (капиталови разходи + експлоатационни разходи) достигнат своя минимум [5]. След изтичането на икономическия живот на машината се наблюдава голямо нарастване на експлоатационните разходи, изразяващи се основно в разходи за ремонт и поддръжка на машината. Количественото определяне на икономическия живот трябва да бъде извършено прецизно, с използване на всички познати принципи и методи на инженерната икономика [6, 7]. Съгласно [5] върху продължителността на икономическия живот на машината най-съществено влияние оказват разходите за ремонт и поддръжка, което налага тяхната оптимизация и правилно управление.

Годишните разходи за ремонт и поддръжка на строителните машини могат да бъдат изразени като процент от годишните разходи за амортизация, а също могат да бъдат изразени и като независими разходи [5].

$$P_{Год,i} = \left(\frac{N_i}{\sum_{i=1}^m N_i} * P_{ОБЩ} \right) + P_{АМ,i}, [ЛВ], \quad (1)$$

където: $P_{Год,i}, [ЛВ]$ – са разходи за ремонт и поддръжка през i -тата година от икономическия живот на машината;

$m[год]$ – общата продължителност на икономически живот на машината;

N_i – пореден номер на съответната година от икономическия живот на машината, представени във възходящ ред;

$P_{ОБЩ}, [ЛВ]$ – общи ремонтни разходи за машината, които могат да бъдат изчислени по зависимостта: $P_{ОБЩ} = k_p * C_M$, където:

$C_M [ЛВ]$ – пазарна цена на машината;

k_p – коефициент на ремонтните разходи, който може приблизително да се приеме, че в общия случай варира в диапазона от 35% до 80% от цената на машината, като неговата стойност зависи от типа на машината и конкретните условия на експлоатация. За някои често използвани видове строителни машини k_p е определен в таблица 1 [8];

$P_{АМ,i}, [ЛВ]$ – амортизационни отчисления за ремонт и поддръжка на машината през i -тата година от икономическия живот, който може да бъде изчислен по зависимостта:

$P_{АМ,i} = k_p * A_i$, където:

$A_i, [ЛВ]$ – амортизационни отчисления за отчетна стойност за i -тата година, изчислени по линеен метод.

Таблица 1. Коефициент на ремонтните разходи “ k_p ” изразен в %

Тип на машината	Условия на експлоатация		
	Леки	Средни	Тежки
Скрепер	42%	50%	62%
Колесен влекач	37%	45%	60%
Пневмоколесен челен товарач	45%	55%	62%
Верижен влекач с общо предназначение	40%	60%	80%

3. ВИДОВЕ СТРАТЕГИИ ЗА РЕМОНТ И ПОДДРЪЖКА НА МАШИНИТЕ

Основните четири стратегии за ремонт и поддръжка на машините, които могат да бъдат възприети от строителните фирми в зависимост от конкретните условия на работа са представени по-долу. Важно е да се уточни, че в разглежданите дейности по поддръжка не влизат рутинно извършваните дейности по експлоатационна поддръжка (подмяна на филтри, масла, ремъци, вериги, съединители, гуми и др.), които са характерни и неизменно свързани с нормалната експлоатация на съответния вид машина.

3.1. Стратегия на превантивна поддръжка

Това е поддръжка, която трябва да се извършва предварително, преди да настъпи нежеланото събитие – дефект, отказ или нарушаване на работа. Целта е машината да бъде поддържана в определено (минимално изискуемо) ниво на работните параметри, което обикновено бива определяно въз основа на анализ на кривата на отказите. За дейностите по превантивна поддръжка трябва да има предварително разработени и документирани процедури (графици) за изпълнение на конкретните дейности, при изготвянето на които е препоръчително да се отчита и досегашната натрупана историческа база данни от работата на машината (или на други подобни машини). За всяка дейност по превантивна поддръжка (включена в графика) трябва да са предварително специфицирани необходимите материали, труд, инструменти и оборудване. В превантивната поддръжка обикновено са включени дейности като: смазване, почистване, настройка, подмяна на износени компоненти, инспекции, тестване и др. Всички дейности по “превантивна поддръжка” се предполага, че трябва да бъдат извършвани с честота най-малко по веднъж на 1 година (или по-често).

3.2. Стратегия на реактивна поддръжка (работа до отказ)

При нея не се извършват предварително планирани дейности по поддръжка. Такива се предприемат чак при настъпване на отказ на машината и/или компонента, при което в повечето случаи дефектираният компонент се подменя с нов.

3.3. Стратегия на прогнозираща поддръжка

Изразява се в извършването на редица мониторингови дейности и дейности по измерване на технически параметри в определени компоненти и/или установен брой, предварително подбрани, ключови места от конструкцията на машината, чрез което се реализира наблюдение в реално време (on-line) на реалното експлоатационно състояние на машината. Целта е да се установи и прогнозира дали в установен бъдещ период от време съществува опасност/риск въпросната машина да даде отказ, както и да се предприемат предварително нужните ремонтни действия и мерки по поддръжка, чрез което да се предотвратят негативните последици от непредвиден отказ. Ремонти или замени на компоненти от машината при прогнозираща поддръжка се планират за извършване предварително, като по възможност стремежът е да не се нарушава нормалната работа. Прогнозиращата поддръжка дава възможност да бъдат построени графики на изменение във времето на наблюдаваните параметри, както и да бъдат прогнозирани тенденциите на деградация, за да могат предварително (навременно, преди настъпването на отказ) да бъдат планирани нужните ремонти. Към прогнозираща поддръжка на машините се препоръчва да се премине, чак след като вече е налице установена превантивна поддръжка. В прогнозиращата поддръжка обикновено са включени дейности като: вибрационен анализ, температурен анализ, анализ на работни течности, ултразвуков безразрушителен контрол, контрол на електрическото състояние и др.

3.4. Стратегия с “дублиране” на машините с резервни

При нея трябва да се осигури друга (втора) машина от същия тип, която също трябва да се инсталира/монтира в съответното място на работа. За реализирането на тази стратегия има два варианта: или резервната (дублираща) се намира в неработно изчакващо

състояние (stand-by) или двете машини (основната и резервната) работят едновременно на 50% натоварване.

3.5. Стратегия с планиране на големи ремонти на машината (основни ремонти) през определени интервали от време

Извършва се по предварително планиран график, при което се извършва цялостна инспекция на състоянието на машината и пълно техническо обслужване на всички компоненти, при които е необходимо. Целта е да бъде постигнато максимално пълно възстановяване на работоспособното състояние и работни характеристики близки до проектните.

4. СЪВРЕМЕНЕН ПОДХОД ЗА КОНТРОЛ И ИНЖЕНЕРНА ПОДДРЪЖКА НА МАШИНИЯ ПАРК

Инженерите-мениджъри отговарящи за управлението на машинния парк на строителната фирма имат за разрешаване няколко основни задачи: да определят оптималната стратегия за ремонт поддръжка на машините; да разработят, утвърдят и назначат нужните програми и графици за ремонт и поддръжка; да определят обема на необходимата работа по ремонт и поддръжка на машините; да осигурят необходимите ресурси (материали, оборудване, хора и др); да определят и организират начина за документирание на резултатите от поддръжката и ремонта и т.н. Основните източници на информация при разработването на Програми за поддръжка на машинния парк на строителната фирма трябва да бъдат препоръките, указанията и инструкциите дадени от производителите на отделните машини, както и изискванията в законите, нормативните документи и изискванията за безопасност в съответната област. Но може също така да се потвърди, че пред инженерите-мениджъри, които са отговорни за управлението на големи машинни паркове стоят за разрешаване също и няколко дългителни важни въпроси, свързани с установяването на оптимално ефективни комплексни Програми за ремонт и поддръжка на целия машинен парк. Счита се за препоръчително подходът за разработване на тези комплексни Програми за поддръжка и ремонт на машинния парк да съблюдава долу изложените принципи, правила и препоръки.

4.1. Избор на цялостна стратегия за ремонт и поддръжка на машинния парк

При избора на стратегия за ремонт и поддръжка на машинния парк трябва да бъдат взети под внимание следните предимства и недостатъци на различните стратегии:

- Стратегия на превантивна поддръжка – предимствата на тази стратегия са, че има възможност да се работи по утвърден график и да се извърши добра предварителна подготовка, както и наличието на по-малко непредвидени прекъсвания на работата (откази) на машините и ниски разходи за отстраняване на откази, като цяло. Недостатъците се изразяват в това, че се налага извършването на много големи извънредни разходи във връзка с по-честите дейности по поддръжка, както и това че се изисква по-дълго време за предварително планиране и подготовка на дейностите по поддръжка. Препоръчва се подобна стратегия да бъде прилагана при наличие на сложни и скъпи машини, при големи машинни паркове, както и при изпълнение на важни и отговорни производствени задачи;

- Стратегия на прогнозираща поддръжка - предимствата на тази стратегия са, че могат да се очакват много малко прекъсвания на работата на машината за извършване на поддръжка и ремонт, по-малко непредвидени прекъсвания на работата (откази), поради което машината може да се използва по своето предназначение през почти целия жизнен цикъл, както и по-ниски разходи за ремонт и отстраняване на откази. Недостатъците се изразяват в много големите извънредни разходи за извършване на мониторинг на състоянието на машината, измервания в реално време и направа на прогнози, както и

големите разходи за закупуване на специализирано оборудване и измервателна техника, разходи за обучение на персонала и осигуряване на висококвалифицирани кадри по поддръжката. Препоръчва се подобна стратегия да бъде прилагана при използване на особено скъпо машинно оборудване, при критично важни машини за успешната реализация на цялостния строително-производствен процес, както и при големи машинни паркове с важни и отговорни производствени задачи;

- Стратегия на реактивна поддръжка – основно предимство тук са минималните разходи за поддръжка до настъпване на първия отказ на машината. Основни недостатъци са наличието на непланирани прекъсвания на работата поради настъпване на откази, както и големите разходи за ремонт при отстраняване на всеки отделен отказ. Препоръчва се подобна стратегия да бъде прилагана за сравнително малки машини или машини с пониска цена, както и при не много много отговорни строително-производствени задачи;

- Стратегия с “дублиране” на машините с резервни – предимствата на тази стратегия са, че почти не се наблюдават непредвидени прекъсвания на строително-производствения процес поради внезапни откази на машините, както и това че има повече време, за да се ремонтира дефектиралата машина. Основните недостатъци на тази стратегия се изразяват в много големите извънредни разходи, поради необходимостта от закупуване и монтаж на два броя еднакви машини, както и това че съществува риск от повреда и стареене на резерваната машина по време на дългия период на изчакване. Препоръчва се подобна стратегия да бъде прилагана само при изпълнение на изключително отговорни строително-производствени задачи, както при критични машини с особена степен на важност;

- Стратегия с планиране на големи ремонти на машината (основни ремонти) през определени интервали от време – предимство тук е, че има възможност ремонтните дейности да се извършват по утвърден график с възможност за добра предварителна подготовка, това че има по-малко на брой планирани прекъсвания на работата за поддръжка и ремонти, както и възможността по време на основния ремонт да бъде извършена цялостна инспекция на машината. Недостатъците на тази стратегия се изразяват в това, че се изискват повече време и усилия за планиране на основния ремонт, както и това че през основния ремонт се губи повече време, през което често пъти са нужни повече работници (подизпълнители). Препоръчва се подобна стратегия да бъде прилагана при машини със сезонен режим на ползване, както и за машини, при които има периоди със слаба натовареност на капацитета.

Препоръчва се инженерите-мениджъри отговарящи за управлението на машинния парк да вземат решението за оптимална стратегия за поддръжка и ремонт, въз основа на предварително извършен анализ на машинния парк. Анализът следва да включва: 1. Анализ на машинния парк и строителните и монтажните работи за определяне на “критичните машини” за строително-производствените процеси. 2. Анализ и оценка на степента на надеждност и кривите на отказите на “критичните машини”; 3. Анализ и оценка на реалното време за работа на “критичните машини” в рамките на един работен ден, работна седмица, месец и т.н., на база анализ на строително-производствените планове; 4. Анализ на наличните резервни части и оценка на необходимостта от евентуална “извънредна” поръчка на резервни части, при евентуален непредвиден отказ; 5. Анализ и оценка на реалното време за доставка на резервните части; 6. Анализ на реалната времева продължителност на отделните дейности по ремонт и поддръжка на машините (сравняване с указаните данни от производителя); 7. Анализ и оценка на реалната времева продължителност на времето за прекъсване на работата на “критичната машина” за ремонт при непредвиден отказ, което трябва да бъде извършено за два случая – ремонт на машината “на място” и ремонт след транспортиране в ремонтен цех.

4.2. Оптимизиране на разходите за ремонт и поддръжка на машините

Инженерите-мениджъри управляващи машинния парк трябва да извършат анализ на динамиката на изменение във времето на експлоатационните разходи (в т.ч. и разходите за ремонт и поддръжка), както и анализ на тяхната чувствителност спрямо всеки един от входните влияещи фактори. Въз основа на това трябва да бъдат установени техните оптимални стойности, както и да бъде изчислена продължителността на икономическия живот на машината, което да бъде указано със съответната степен на достоверност (доверителен интервал).

4.3. Планиране на момента от време за подмяна на дадена машина/компонент с нов на база на икономическия живот

Инженерите-мениджъри управляващи машинния парк трябва да установят точният момент от време (trigger point), в който от страна на фирмата трябва да бъдат предприети нужните стъпки към замяна на старата машина/компонент с нови. Този момент от време (trigger point) обикновено се съобразява с момента на изтичането на икономическия живот на машината с необходимия интервал от време в предварение (запас), нужен за доставката на новата машина/компонент, което също трябва да се указва със съответната степен на достоверност (доверителен интервал).

4.4. Планиране на нужните дейности за инспекция и контрол на състоянието на машините за осигуряване на нужното ниво на безопасност и надеждност

Инженерите-мениджъри управляващи машинния парк имат за задача да организират всички нужни дейности по техническа инспекция и контрол на състоянието на машините включени в съответните инструкции и програми, които трябва успешно да кореспондират с разработените Програми за ремонт и поддръжка, чрез което да може да бъде осигурена експлоатацията на машината с необходимото ниво на надеждност и степен на безопасност. Факт е, че по-голямата част от причините, поради които се налага извършване на ремонтни дейности върху машината произтичат именно от извършени преди това технически инспекции върху същата машина. Инспекциите на машините в общия случай имат следните цели:

1. Да се провери дали машината отговаря на нужните изисквания за безопасност, съгласно изискванията на приложимите стандартите и нормативни документи. Инспекциите трябва да включват (обхващат) всички важни компоненти и места от машината, които се предполага че може да имат влияние върху безопасността;
2. Да се провери начинът по който работи машината, както и да се оцени дали работните характеристики на машината отговарят на проектните и предварително дефинираните изисквания;
3. Да бъдат предварително установени евентуални рискове свързани с машината, които има опасност в бъдеще да причинят аварии и злополуки, както и да се набележат мерки за тяхното отстраняване;
4. Да бъде събирана статистическа информация от инспекциите (база данни), която в бъдеще да бъде използвана като помощно средство за предприемане на мерки за повишаване нивото на безопасност.

При извършване на една пълна техническа инспекция на състоянието на машината има възможност да бъдат установени “коренните причинители” за всички минали, настоящи и бъдещи откази и дефекти. В една пълна техническа инспекция на състоянието на машината могат да бъдат включени следните дейности (където е приложимо):

- визуална инспекция - извършване на периодични обходи за констатиране на липси и дефекти визуално (липса на защитни предпазители, скъсани ремъци, недопустими износвания, отчупвания и др.);

- анализ на работни течности (смазки, масла в хидравлична трансмисия, охлаждащи течности и др.) – извършват се различни видове анализи върху предварително взети проби от работните течности, като химичен анализ, анализ за откриване на замърсители и др.;
- анализ на вибрационното състояние – резултатите от подобен анализ дават възможност проблемите у машината да бъдат установени преди да е настъпил моментът за отказ, както също и да бъде установено (локализирано) мястото на повредата. Резултатите от вибрационните анализи е препоръчително да бъдат сравнявани с резултати от предишни измервания;
- анализ на температурното състояние (температурен контрол) – измерените работни температури на специфични компоненти (лагери, двигатели и др) се сравняват с предварително зададени референтни стойности;
- експлоатационно-динамичен анализ на машината за проверка на определени работни параметри дали отговарят на предварително зададени стойности;
- електрически мониторинг за проверка на безопасността и работоспособността на ел инсталацията на машината;
- безразрушителен контрол в определени места от носещата конструкция (заваръчни съединения, критични точки и др.);
- измерване и анализ на нивото на шум – стандартът ISO 9612:1997 [9] задава подходите за измерване при оценка на нивото на шум на работното място, докато Европейската Директива 2003/10/ЕО “Шум на работното място” установява минимални правила за защита на работниците срещу рискове за тяхното здраве и безопасност, които произтичат или могат да произтекат от експозиция на шум, и особено срещу рискове за увреждане на слуха;
- измерване на размери и степен на износване – извършва се при: триещи се повърхнини, въртящи се части и възвратно-постъпателно движещи се части в машините, които да бъдат сравнени с предварително зададени допустими стойности;
- измерване и анализ на определен работен параметър на машината – чрез измерване на определен работен параметър и сравняване с референтни стойности и резултати от предишни измервания има възможност да бъдат установени тенденции към влошаване на работните характеристики, загуба на ефективност и др, които може да се дължат на дефектирал и/или износен компонент.

Обемът на необходимата работа по инспекция и контрол на състоянието “критичните машини” трябва да бъде заложен като “критичен обем работа” в общия обем работа, на който трябва да бъде обърнато специално внимание.

4.5. Периодичен анализ на натрупаната база данни за минали откази на машините за оценка на ефективността на съществуващите програми за ремонт и поддръжка

Анализ на отказите на строителни машини и оборудване може да бъде извършен чрез използване на общоизвестните статистически методи от теорията на надеждността [10]. За извършване на анализ на отказите на машините е се препоръчва предварително да бъде извършена прецизна обработка и анализ на събраната база данни с наличните регистрирани дефекти и откази. Статистическата обработка на данните спомага да бъдат набелязани слабите места, върху които трябва да се обърне внимание при актуализацията на съществуващите Програми за ремонт и поддръжка. Един от възможните анализи, който може да бъде извършен при статистическата обработка на данните е т.нар. тест за стареене (тест на Лаплас) [11]. Този анализ се използва за сравнение на хомогения процес на Поасон, който предполага експоненциално разпределение и постоянна интензивност на отказите $\lambda(t)$ с нехомогения Поасонов процес.

$$U_L = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} T_i - (N-1) \frac{T_N}{2}}{T_N \sqrt{\frac{N-1}{12}}}, \quad (2)$$

където: N е броят на регистрираните откази на машината за на разглеждания период от време; T_i е денят в който настъпил съответния отказ в хронологичен ред в рамките на разглеждания период от време; T_N е денят на последния отказ на машината в рамките на разглеждания период от време.

Ако изчислената стойност на параметъра U_L се получи с голяма абсолютна стойност, то това означава, че регистрираните откази не са експоненциално разпределени, т.е. налице е нехомогенен процес на Поасон. Ако получената стойност U_L е отрицателна, то времето между отделните откази на времедиаграмата се увеличава, а ако U_L е положително число, то това значи, че времето между отказите намалява на времедиаграмата. Резултатите основно се използват като индикатор, дали машината е навлязла в крайната фаза на своя експлоатационен живот и/или все още е в периода на нормално функциониране с постоянна интензивност на отказите $\lambda(t)$. С помощта на анализа на параметъра U_L може също да бъде оценено, дали съществуващите Програми за ремонт и поддръжка на машината имат нужната степен на ефективност, както и да се определи необходимостта от подобряване на съществуващите Програми за ремонт и поддръжка.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящата разработка представя подход за разработка на ефективни Програми за ремонт и поддръжка на строителни машини, изразяващ се в спазването на основни принципи, правила и препоръки, които трябва да подпомогнат инженерите-мениджъри при разрешаването на важни въпроси, свързани с комплексното управление на целия машинен парк на строителната фирма.

Въз основа на горе изложеното могат да бъдат направени следните по-важни заключения и изводи:

5.1. Разработването на цялостните Програми за поддръжка на машинния парк на строителната фирма трябва да бъде извършено след като предварително е събрана всичката нужна информация от производителите на машините, което включва не само указанията и инструкциите към ремонта и поддръжката, но също и всички други необходими данни (работни характеристики, начин на работа и условия на работа, производителност, изисквания за безопасност, приложими норми и стандарти и др);

5.2. Повечето от често извършваните рутинни и общи дейности по поддръжка на машините се препоръчва (по възможност) да се извършват от сътрудници на фирмата-ползвател на машините. Само в случай, че има някакви по-специфични и по-сложни дейности по ремонт и поддръжка, може да се наложи дейностите да бъдат извършвани от производителя на машината;

5.3. Избраната стратегия за ремонт и поддръжка на машинния парк трябва да бъде успешно интегрирана във всички нива на фирмено управление и да стане неизменна част от мениджмънта на строителните проекти, което ще спомогне за минимизиране на разходите и успешна реализация на строително-производствените планове, а оттам и за увеличаване на ползите и печалбите на фирмата.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Sri Nuwan Randunupura, Chandanie Hadiwattege “Plant and equipment management to minimize delays in road construction projects”, The Second World Construction Symposium 2013: Socio-Economic Sustainability in Construction, 14-15 June 2013, Colombo, Sri Lanka.
- [2] Николов, Б. Багери за изпълнение на траншейни изкопи при полагане на тръбопроводи за напорни канализационни мрежи. В: Доклади XV Международна научна конференция ВСУ'2015, 4-5 юни 2015 г., София, ВСУ, 2015, 386-391 (ISSN: 1314-071X).
- [3] Николов, Б. Изследване на технически характеристики на хидравлични багери. Доклад на Международна юбилейна научна конференция "75 години УАСГ", 1-3 ноември 2017 г., Приет за публикуване в: Годишник на УАСГ, София, (ISSN 2534-9759).
- [4] Douglas D. Gransberg, Major Equipment Life-cycle Cost Analysis, Institute for Transportation Iowa State University, 2015.
- [5] C. Park, (2011). Contemporary Engineering Economics. 5th Ed., Prentice Hall, NJ
- [6] R. Peurifoy, and C. Schexnayder, (2002). Construction Planning, Equipment, and Methods. Sixth edition, McGraw-Hill, New York
- [7] D. Atcheson, (1993). Earthmoving Equipment Production Rates and Costs. Norseman Publishing, Venice, FL.
- [8] ISO 9612:1997 “Указания за измерване и оценка на експозицията на шум в работна среда”.
- [9] К. Димитров, Д. Данчев, Надеждност на строителни машини и системи, Техника, 1994
- [10] Peng Wang, David W. Coit, Repairable systems reliability trend tests and evaluation, Conference: Reliability and maintainability symposium, USA, 2005.
- [11] Peng Wang, David W. Coit, Repairable systems reliability trend tests and evaluation, Conference: Reliability and maintainability symposium, USA, 2005