



АНАЛИЗ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ НА ПРОЦЕСА НА РЕМОНТ НА МИНИЧЕЛЕН ТОВАРАЧ

Борис Танев

btanev@vtu.bg

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

***Ключови думи:** ремонт, диагностика на строителна техника, анализ и предложения за подобряване на процеса на ремонт*

***Резюме:** В съвременното строителство миничелните товарачи се използват широко поради тяхната компактност, гъвкавост и възможност за работа в ограничени пространства. Те участват в редица процеси – от товаро-разтоварни дейности до довършителни работи на строителни обекти.*

Подложени на интензивна експлоатация, тези машини изискват периодични ремонти и техническо обслужване. В практиката обаче се наблюдават редица затруднения, свързани с ремонтния процес. Най-често срещаният проблем е точната и навременна диагностика, която силно зависи от техническата подготовка на механиците и наличието на диагностично оборудване.

Втори съществен проблем е забавянето между поставяне на диагнозата и реалното извършване на ремонта, поради трудности с локализиране, поръчка и доставка на нужните резервни части. Това води до продължителен престой на машината, което нарушава графика на работа и води до загуби.

Настоящият доклад си поставя за цел да анализира текущото състояние на ремонтния процес при миничелни товарачи и да предложи реалистични мерки за неговото подобрене, включително съкращаване на времето за диагностика и ремонт и внедряване на автоматизирани решения и управление на частите.

АНАЛИЗ НА ТЕКУЩОТО СЪСТОЯНИЕ НА РЕМОНТНИЯ ПРОЦЕС:

В момента ремонтният процес при миничелен товарач следва стандартна последователност от стъпки, които са установени в сервизната практика. Процесът започва с **подаване на сигнал от клиент** за наличие на технически проблем. След това се **организира посещение от сервизен техник**, който извършва първоначален преглед и диагностика на машината.

След установяване на причината за повредата, **сервизният екип изготвя протокол** с необходимите действия и резервни части. Протоколът се предава на колегите от отдела за резервни части, които извършват **идентификация на необходимите компоненти** чрез каталожни номера и подават заявка към производителя.

Процесът по **локализиране и поръчка на резервните части обикновено отнема 2–3 работни дни**, в зависимост от наличността и реакцията на производителя. След това следва **доставка на частите**, която в повечето случаи изисква **допълнително 5–7 дни**. Едва след като частите са получени, може да се премине към реалното извършване на ремонта.

Целият процес - от подаване на сигнала до приключване на ремонта - може да отнеме **над 7–10 дни**, през което време машината е в престои и извън експлоатация. Това оказва пряко въздействие върху ефективността на работния процес на клиента и води до икономически загуби.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ НА ПРОЦЕСА НА РЕМОНТНИЯ ПРОЦЕС:

Въз основа на анализа на текущото състояние на ремонтния процес при миничелните товари се открояват няколко основни направления за подобряване на ремонтния процес, които биха допринесли за значително намаляване на времето за ремонт и повишаване на ефективността:

1. Повишаване на техническата квалификация на сервизните специалисти

Една от най-често срещаните пречки при бързата и точна диагностика е недостигът на задълбочени технически познания и опит у механиците. За да се преодолее това, е необходимо редовно провеждане на специализирани обучения и сертификации, организирани директно от заводите производители на техниката. Тези обучения осигуряват актуална информация за новите технологии, диагностични методи и препоръчителни практики при ремонт. Освен формалното обучение, също така е от съществено значение сервизните специалисти да развият самоинициативата си - да отделят време за самостоятелно изучаване на техническата документация, нови софтуерни инструменти за диагностика, както и да споделят опит и добри практики помежду си. Това ще повиши нивото на професионализъм и ще доведе до по-бързо и прецизно откриване на повредите.

Автоматизиране и подобряване на процеса по локализиране и поръчка на резервни части

В момента голяма част от времето се губи в процеса по комуникация между сервизния екип и отдела за резервни части. За да се намали този времеви промеждутък, се препоръчва сервизните специалисти сами да могат да локализират каталожните номера на необходимите резервни части веднага след диагностика. Това изисква достъп до актуализирана база данни с каталози и резервни части, както и обучение за правилното използване на тези ресурси. Освен това, внедряването на специализиран софтуер за управление на резервните части и поръчките може да улесни целия процес - от локализиране на частите, през подаване на поръчка, до проследяване на доставката. Така се постига прозрачност, намаляват се грешките и времето за комуникация между отделите.

Подобряване на комуникацията и координацията между сервизния екип и отдела за резервни части

Една от причините за забавяне в ремонта е недостатъчната координация и обмен на информация между отделите. Внедряването на интегрирани информационни системи (ERP системи или специализирани платформи) позволява на всички участници в процеса да имат достъп в реално време до необходимата информация — от диагностичните протоколи до наличностите на части и статус на поръчките.

По този начин се избягват дублиране на дейности, забавяния и недоразумения, което съществено съкращава времето от поставяне на диагнозата до стартирането на ремонта.

Планиране и предварително зареждане на ключови резервни части

Макар да не е директно свързано с автоматизацията, наличието на стратегически склад с най-често използваните резервни части (като хидравлични мотори, уплътнения, филтри и други) може значително да ускори ремонтния процес. Това изисква анализ на честотата на повреди и сътрудничество с производителя за своевременни доставки и обновяване на складовите наличности.

В обобщение, комбинирането на повишаване на квалификацията, автоматизация на поръчките и подобрена комуникация между отделите ще доведе до съществено съкращаване на времето за ремонт и по-висока удовлетвореност на клиентите.

Пример: Клиент сигнализира за проблем с липса на движение на левите ходови колела на миничелния товарач производител Sunward – модел SWL3230 [1]. След диагностика се установява необходимост от смяна на хидравличен ходов мотор. Поръчката на резервната част и нейното доставяне от производителя отнемат общо 9 дни, в резултат на което машината е извън строя близо две седмици, което води до забавяне на строителните дейности на обекта.

МАТЕМАТИЧЕСКА ФУНКЦИЯ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ НА ПРОЦЕСА:

първо трябва да дефинираме кои основни променливи влияят на времето за ремонт и как можем да ги подобрим [2], [3].

Определяне на променливите

Нека времето за ремонт T се състои от няколко компонента:

T_d — време за диагностика

T_l — време за локализиране и поръчка на резервни части

T_s — време за доставка на резервните части

T_r — време за извършване на ремонта

Влияещи фактори за подобряване на процеса на ремонт :

Според предложените мерки:

- Подобряване на квалификацията намалява T_d (по-бърза и точна диагностика)
- Самостоятелна локализация на части от сервизния специалист намалява T_l
- По-добра комуникация намалява T_l и частично T_s (чрез по-добро планиране)
- Складова наличност може да намали T_s почти до 0 за някои части

T_d – време за диагностика зависи от: бързина и точност на сервизен техник и от наличие на диагностичен софтуер. Това време може да се оптимизира, чрез:

Технически обучения на сервизния персонал, внедряване на диагностични системи и стандартизация на процесите.

Примерна функция: $T_d = D/E_d$

където: D – сложност на проблема а E_d – ефективност на диагностичната система.

T_l — време за локализиране и поръчка на резервни части, зависи от: складова наличност на резервни части, складов специализиран софтуер ERP, опит на персонала. Това време може да бъде оптимизирано, чрез: централизирана база данни, предварително планирани складови наличности на резервни части, автоматизирано търсене на резервни части.

Примерна функция: $T_l = L/E_l$

където: L - време за ръчно търсене а E_l – ефективност на логистичната система.

T_s – време за доставка на резервни части зависи от: разстояние до доставчика, тип доставка (стандартна / експресна), договорни условия между дилър и производител. Това време може да се оптимизира, чрез: договаряне на по кратки срокове за доставка, изграждане на буферен склад.

Примерна функция: $T_s = S/E_s$

където: S – разстояние / логистична сложност а E_s – ефективност на доставката.

T_r — време за извършване на ремонта зависи от: технически опит и брой на сервизните техници. Това време може да се подобри чрез: подобряване на квалификацията, оптимално разпределение на ежедневните сервизни задачи, използване на специализирани инструменти.

Примерна функция: $T_r = R/E_r$

където: R – сложност на ремонта а E_r –ефективност на сервизния екип

Формулиране на функцията:

Общото време за ремонт:

$$\min T = T_d + T_l + T_s + T_r$$

Като цел искаме да **минимизираме** T – общото време за ремонт, чрез минимизиране на T_d, T_l, T_s , т.е. чрез въвеждане на мерки.

Можем да изразим всяка част като функция на степента на подобряване на процеса:

$$T_d = T_{d0} \times (1 - k_1 x_1)$$

$$T_l = T_{l0} \times (1 - k_2 x_2)$$

$$T_s = T_{s0} \times (1 - k_3 x_3)$$

$$T_r = \text{фиксирано (или незначително намаляващо)}$$

Където:

T_{d0}, T_{l0}, T_{s0} — текущото време за всеки етап без подобряване на процеса на ремонт

$x_1, x_2, x_3 \in [0,1]$ — нива на подобряване (напр. 0 = няма подобряване, 1 = пълно подобряване)

$k_1, k_2, k_3 \in [0,1]$ — коефициенти, които показват колко ефективно е подобрението на процеса на ремонт в намаляването на времето (например ако $k_1 = 0.5$, максимално намаление на T_d е 50%)

Финална функция:

$$\min T(x_1, x_2, x_3) = T_{d0}(1 - k_1 x_1) + T_{l0}(1 - k_2 x_2) + T_{s0}(1 - k_3 x_3) + T_r$$

Очакваните ползи от подобряване на процеса на ремонт са: намаляване на времето на престой, по ниски разходи за ремонт, увеличаване на ефективността на машините, по-добро използване на човешките ресурси.

Обобщение на предимствата от подобряване на процеса на ремонт:

Намаляване на общото време за ремонт, чрез целенасочено подобрение на отделните етапи от процеса.

По-добро планиране и управление на ресурсите – персонал, части, логистика.

Намаляване на преките и косвените разходи, свързани с аварийен престой.

По-висока удовлетвореност на клиентите, чрез по-бърза реакция.

Подкрепа за дългосрочна дигитална трансформация чрез въвеждане на автоматизирани и интелигентни системи за мониторинг и диагностика.

Препоръки за внедряване:

Изграждане на база данни за ремонтни процеси – събиране на реални данни за всяка от променливите: време за диагностика, доставка, ремонт и др.

Оценка на текущата ефективност на етапите - чрез одити, КРІ и интервюта с персонала.

Подобряване на логистиката и управлението на резервни части – дигитален склад, минимални количества, договори с доставчици.

Инвестиции в обучение и квалификация на ремонтните екипи – с цел повишаване на ефективността при диагностика и ремонт.

Интеграция на модела в системата за управление на поддръжката (ERP) за автоматични предложения и анализи в реално време, при достигане на предварително заложените минимални количества резервни части.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Подобряването на ремонтния процес чрез математическо моделиране позволява цялостно подобрене на ефективността, намаляване на престоя и по-ниски оперативни разходи. Чрез разбиване на общото време за ремонт на четири основни компонента - диагностика, локализация и поръчка на резервни части, доставка и самия ремонт - можем да идентифицираме конкретни възможности за подобрене във всеки етап.

Създаденият математически модел ни позволява да симулираме различни сценарии и да анализираме ефекта от промени в ефективността на екипите, автоматизацията, логистиката и управлението на складови наличности. Това подпомага вземането на обосновани управленски решения, базирани на данни.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] <https://sunward-equipment.com/>

[2] **Farshid Javadnejad, Mohammad Reza Sharifi, Mohammad Hossein Basiri** „Optimization Model for Maintenance Planning of Loading Equipment in Open Pit Mines“ 2022 г. *European Journal of Engineering and Technology Research*, Vol. 7, Issue 5

[3] **V.N. Kurochkin, A.A. Seryogin, N.V. Valuev, V.P. Zabrodin, V.S. Gazalov, S.L. Nikitchenko** „Mathematical modeling of agricultural machinery technical maintenance“ *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, Vol. 9, Issue 7S

ANALYSIS AND SUGGESTIONS FOR IMPROVING THE REPAIR PROCESS OF SKID STEER LOADER

Boris Tanev

btanev@vtu.bg

*Todor Kableshkov University of Transport
158 Geo Milev Str., 1574 Sofia,
BULGARIA*

Abstract: *In modern construction, skid steer loaders are widely used due to their compact size, versatility, and ability to operate in confined spaces. They are involved in a variety of tasks – from loading and unloading operations to finishing work on construction sites.*

Subjected to intensive use, these machines require regular repairs and technical maintenance. In practice, however, a number of challenges are observed in the repair process. The most common issue is accurate and timely diagnostics, which heavily depend on the technical expertise of the mechanics and the availability of diagnostic equipment.

Another significant problem is the delay between fault identification and the actual execution of the repair, often caused by difficulties in locating, ordering, and delivering the necessary spare parts. This leads to prolonged machine downtime, which disrupts work schedules and results in financial losses.

This report aims to analyze the current state of the repair process for skid steer loaders and to propose realistic measures for its improvement, including reducing repair time and implementing automated solutions for diagnostics and parts management.

Key words: *repair, diagnostics of construction equipment, analysis and suggestions for improving the repair process*