МЛАД ФОРУМ
Механика Транспорт Комуникации
Научно списание http://www.mtc-aj.com
ISSN 2367-6558 (print)
ISSN 2367-6612 (online)
том 15, брой 1, 2026 г.
статия № 2798

СЪВРЕМЕННИ ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯТА НА СТРОИТЕЛНА ТЕХНИКА И АЛГОРИТЪМ ЗА ТЯХНОТО РЕШАВАНЕ

Борис Танев
btanev@vtu.bg

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

Ключови думи: *строителна техника, експлоатационна ефективност, телематика, алгоритъм, устойчива експлоатация, Индустрия 4.0*

***Резюме*:** *В статията се разглеждат съвременни проблеми, свързани с експлоатацията на строителна техника в условията на нарастващи изисквания за ефективност, устойчивост и дигитализация на работния процес. Анализирани са основните фактори, водещи до повишени експлоатационни разходи, увеличени престои и намалена техническа готовност на машинния парк. Предложен е алгоритъм за оптимизация на използването на строителната техника, базиран на системно събиране и анализ на експлоатационни данни, оптимизационно разпределение на машините и прилагане на превантивна и предиктивна поддръжка. Алгоритъмът е представен чрез блок-схема и е ориентиран към практическо приложение в реални строителни обекти. Очакваните резултати показват потенциал за намаляване на разходите и повишаване на ефективността и надеждността на строителния процес.*

Ефективната експлоатация на строителната техника е един от ключовите фактори за успешното реализиране на съвременни строителни проекти. В условията на дигитализация, нарастващи разходи за ресурси и засилени екологични изисквания, управлението на машинния парк придобива стратегическо значение за строителните компании. Настоящата статия разглежда проблема за оптимизацията на експлоатацията на строителна техника от инженерна и управленска гледна точка.
Фокусът на изследването е поставен върху възможностите за прилагане на алгоритмичен подход при управлението на строителните машини, базиран на използването на телематични системи и анализ на експлоатационни данни, в съответствие с концепциите за устойчиво развитие и Индустрия 4.0 [1], [2].

Индустрия 4.0 представлява концепция за четвъртата индустриална революция, характеризираща се с внедряване на кибер-физични системи, дигитални платформи и анализ на големи обеми от данни в производствените и експлоатационните процеси. В контекста на строителната техника Индустрия 4.0 се проявява, чрез използването на телематични системи, автоматизиран мониторинг на машините, интелигентна диагностика и вземане на управленски решения, базирани на експлоатационни данни, с

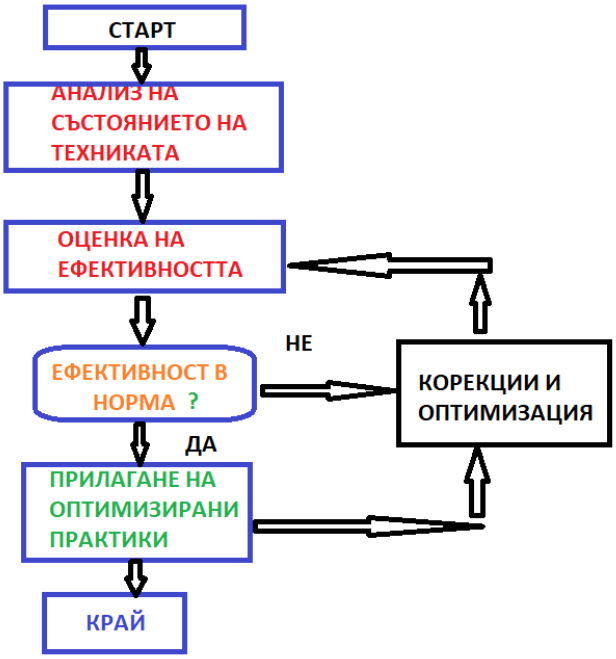
цел повишаване на ефективността, надеждността и устойчивостта на строителния процес и безпроблемната работа на строителните машини[2], [3].

АКТУАЛНОСТ И ПРИЛОЖНО ЗНАЧЕНИЕ НА ПРОБЛЕМА

С навлизането на дигитални технологии, автоматизирани системи за мониторинг и интелигентно управление, традиционните подходи за експлоатация на строителна техника стават все по-недостатъчни. Липсата на систематичен анализ на експлоатационните показатели често води до неефективно използване на машините, повишени разходи за гориво и поддръжка, както и до непланирани престои в следствие на необходимост от непланирани ремонтни дейности.

В този контекст разработването и прилагането на алгоритми за оптимизация на експлоатацията на строителната техника представлява актуална приложна задача, насочена към повишаване на конкурентоспособността на строителните компании и намаляване на негативното въздействие върху околната среда [1], [3].

АЛГОРИТЪМ ЗА РЕШАВАНЕ НА ПРОБЛЕМА



Фиг. 1. Блок-схема на алгоритъм за оптимизация на експлоатацията на строителна техника

На фигура 1 е представена блок-схема на алгоритъм за оптимизация на експлоатацията на строителна техника.

Алгоритъмът включва следните основни стъпки:

- начало на процеса;
- въвеждане на данни за машинния парк (тип машини, технически характеристики, работно време);
- събиране на експлоатационни данни чрез телематични системи;
- анализ на данните с цел оценка на ефективността;
- вземане на решение относно необходимостта от оптимизация;
- оптимизация на разпределението и режимите на работа на машините;
- планиране и изпълнение на превантивна и предиктивна поддръжка;
- контрол на резултатите и реализиране на обратна връзка.

ОПИСАНИЕ НА АЛГОРИТЪМА ПО ЕТАПИ

Предложеният алгоритъм е разработен на базата на съвременни изследвания в областта на управлението на строителна техника и утвърдени инженерни практики [1], [3] и може да бъде структуриран в следните последователни етапи:

Етап 1: Мониторинг и събиране на експлоатационни данни

На този етап се извършва непрекъснат мониторинг на строителната техника чрез внедряване на телематични системи, GPS модули и бордови сензори. Регистрират се основни експлоатационни параметри като реално отработено време, режими на работа (празен ход, натоварване, престой), разход на гориво, пробег и ключови показатели за техническото състояние на машините.

Като конкретен пример може да се посочи използването на телематична система при верижен багер, при която се отчита процентът време, прекарано в празен ход. При установяване на продължителни периоди без ефективна работа се създават предпоставки за оптимизация на организацията на строителния процес и намаляване на ненужния разход на гориво [2], [4].

Етап 2: Обработка и анализ на данните

Събраните експлоатационни данни се обработват чрез статистически методи, сравнителен анализ и визуализация на показатели за ефективност. На този етап се идентифицират неефективни режими на работа, чести престои, превишен разход на гориво и отклонения от проектните или нормативните показатели.

Например, при анализ на автосамосвали на строителен обект може да се установи несъответствие между капацитета на машините и реалното натоварване, което води до увеличен разход на гориво и износване. Чрез сравнителен анализ между отделни машини от един и същ тип могат да се открият и проблеми, свързани с неправилна експлоатация или необходимост от техническа намеса [1], [3].

Етап 3: Оптимизационно разпределение на машините

Въз основа на резултатите от анализа се извършва оптимизация на разпределението на машинния парк спрямо конкретните строителни дейности, натоварването и времевия график на обекта. Целта е постигане на максимална ефективност при минимални експлоатационни разходи.

Като пример може да се разгледа разпределението на колесни товарачи с различна мощност при товаро-разтоварни операции. Използването на машина с по-висока мощност от необходимата води до неоправдано висок разход на гориво, докато недоразмерена машина създава риск от забавяне на строителния процес. Алгоритъмът подпомага избора на най-подходящата машина за конкретната задача, съгласно принципите на строителната логистика [1].

Етап 4: Превантивна и предиктивна поддръжка

Поддръжката на строителната техника се планира и изпълнява въз основа на реалното техническо състояние на машините, а не само на фиксирани интервали. Чрез анализ на експлоатационните данни могат да се предвиждат потенциални откази и да се предприемат своевременни превантивни мерки.

Например, повишаването на температурата на хидравличното масло или увеличаването на вибрациите в определени възли може да сигнализира за предстоящ отказ. Ранната диагностика позволява планиране на ремонт извън активната фаза на строителния процес, което значително намалява риска от аварийни престои и финансови загуби [4].

Етап 5: Контрол и обратна връзка

На заключителния етап се извършва оценка на постигнатите резултати чрез сравнение на ключови експлоатационни показатели преди и след прилагането на

алгоритъма. Анализира се степента на намаляване на разходите, повишаването на техническата готовност и подобряването на спазването на сроковете.

Като пример може да се посочи периодичен месечен отчет, в който се сравняват разходите за гориво и броят на непланираните престои. Получената обратна връзка се използва за адаптиране и усъвършенстване на алгоритъма, което позволява неговото ефективно прилагане при променящи се условия на строителния процес.

ОЧАКВАНИ РЕЗУЛТАТИ

Прилагането на предложения алгоритъм създава предпоставки за постигане на следните резултати: намаляване на общите експлоатационни разходи в диапазона 10–20%; по-ефективно използване на машинния парк; повишаване на техническата готовност и надеждността на машините; намаляване на разхода на гориво и вредните емисии; подобряване на спазването на сроковете за изпълнение на строителните дейности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ИЗВОДИ

В резултат на проведеното изследване могат да се формулират следните основни изводи:

1. Ефективната експлоатация на строителната техника представлява съществен фактор за намаляване на разходите и повишаване на конкурентоспособността на строителните компании.
2. Дигиталните технологии и телематичните системи създават възможности за прилагане на алгоритмичен и данно-ориентиран подход при управлението на машинния парк.
3. Предложеният алгоритъм има ясно изразена практическа приложимост и може да бъде адаптиран към различни типове строителни обекти да се използва от строителни фирми и фирми, които предлагат строителна техника и сервиз.

Предложеният алгоритъм създава предпоставки за последващо развитие в рамките на приложни проекти, насочени към дигитализацията на управлението на строителната техника. На база на алгоритъма може да бъде разработена софтуерна апликация или програмен продукт за мониторинг, анализ и оптимизация на експлоатацията на строителни машини, предназначен за използване от собственици на машинен парк, строителни фирми, както и от дилъри и сервизни центрове на строителна техника.

Такъв програмен продукт би могъл да интегрира телематични данни, алгоритми за оценка на експлоатационната ефективност и модули за подпомагане на вземането на управленски решения, включително планиране на превантивна и предиктивна поддръжка. Това открива възможности за разработване на проектни предложения, финансирани по национални и европейски програми, както и за създаване на прототипни системи в рамките на сътрудничество между университети, строителни предприятия и производители на строителна техника.

ЛИТЕРАТУРА:
[1] Gransberg, D. D., Caldas, C. H. Construction Equipment Management. McGraw-Hill Education, 2018.
[2] ISO 15143-1:2016. Earth-moving machinery and mobile road construction machinery — Worksite data exchange.
[3] Schabowicz, K., Hoła, B. Data-driven decision-making in construction engineering. Automation in Construction, Vol. 96, 2018.
[4] EN 13306:2017. Maintenance — Maintenance terminology.

MODERN CHALLENGES IN CONSTRUCTION EQUIPMENT OPERATION AND AN ALGORITHM FOR THEIR RESOLUTION

Boris Tanev
btanev@vtu.bg

Todor Kableshkov University of Transport in Sofia
Geo Milev str. 158
BULGARIA

Key words: *construction equipment, operational efficiency, telematics, algorithm, sustainable operation, Industry 4.0*

Abstract: *The article examines contemporary challenges related to the operation of construction equipment under increasing demands for efficiency, sustainability, and digitalization of the work process. The main factors leading to higher operational costs, increased downtime, and reduced technical readiness of the machinery fleet are analyzed. An algorithm for optimizing construction equipment utilization is proposed, based on systematic collection and analysis of operational data, optimized allocation of machines, and the implementation of preventive and predictive maintenance. The algorithm is presented in a block diagram and is oriented toward practical application on real construction sites. The expected outcomes indicate potential for cost reduction, as well as improved efficiency and reliability of the construction process.*