Научная статья
Original article
УДК 624.1

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОГРУЗОЧНЫХ РАБОТ МАШИНИСТА ЭКСКАВАТОРА С ЦЕЛЬЮ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАБОТ

SIMULATION OF LOADING WORKS OF THE EXCAVATOR OPERATOR WITH THE PURPOSE OF DEVELOPING THE EXPERT SYSTEM TO IMPROVE THE QUALITY OF WORK

Халидуллин Алмаз Салаватович, аспирант, Уральский государственный горный университет, Россия, г. Екатеринбург

Khalidullin Almaz Salavatovich, postgraduate student, Ural State Mining University, Russia, Yekaterinburg

Аннотация: В статье анализируются особенности моделирования погрузочных работ машиниста экскаватора с целью разработки экспертной системы для повышения качества работ. Рассматриваются особенности современных экскаваторно-автомобильных комплексов и систем управления экскаваторными работами, повышающих эффективность эксплуатации техники. Выявляются подходы к моделированию погрузочных работ машиниста экскаватора и модели процесса погрузки, определяется оптимальное решение соответствующей экспертной системы.

Annotation: The article analyzes the features of modeling the loading work of an excavator driver in order to develop an expert system to improve the quality of

work. The features of modern excavator-automobile complexes and control systems for excavation work, which increase the efficiency of equipment operation, are considered. Approaches to modeling the loading operations of an excavator driver and a model of the loading process are identified, and the optimal solution of the corresponding expert system is determined.

Ключевые слова: экскаватор, экскаваторные работы, погрузочные работы, моделирование, экспертная система, качество работ.

Keywords: excavator, excavation work, loading work, modeling, expert system, quality of work.

Введение

Обеспечение максимальной производительности экскаваторно-автомобильного комплекса является ключевой задачей при реализации комплекса погрузочных и иных экскаваторных работ и требует грамотного и детального планирования [1]. С целью повышения эффективности текущего управления и перспективного планирования экскаваторных работ и их качества могут применяться современные информационные технологии и экспертные системы, учитывающие все необходимые параметры эксплуатируемой техники [2]. Создание экспертной системы, обеспечивающей высокую эффективность погрузочных работ машиниста экскаватора, требует их моделирования, от реализации которого зависит работоспособность и результативность всей системы. В связи с этим актуальным представляется исследование подходов к моделированию экскаваторных работ, ложащегося в основу соответствующих экспертных систем.

Целью работы является изучение особенностей моделирования погрузочных работ машиниста экскаватора с целью разработки экспертной системы для повышения качества работ. Для её достижения были использованы методы анализа и синтеза научных публикаций и литературных источников по рассматриваемой теме.

Особенности экспертных систем в управлении экскаваторными работами

Экскаваторы являются наиболее сложными и энергоёмкими машинами в современной промышленности, работающими в тяжёлых, часто экстремальных условиях [3]. Нарушения экскаваторных работ при отказах компонентов или нерациональном распределении мощностей приводят к простоям и значительным экономическим ущербам. Несмотря на осуществление качественного обновления технических средств управления экскаваторами с применением интеллектуальных компонентов на практике зачастую используются традиционные технологии управления погрузочными работами, что значительно повышает риск экскаваторных работ.

В настоящее время в сфере промышленности наблюдается смещение приоритетов развития в направлении превалирования информационных технологий, что означает постепенный переход к новому этапу развития техники, основанному на интеллектуализации в организации производства и качественном совершенствовании используемых средств роботизации, автоматизации и телекоммуникаций. Эффективность эксплуатации транспорта экскаваторно-автомобильных комплексов повышают следующие информационные системы [4]:

- электронный документооборот, обеспечивающий своевременность оформления необходимой документации;
- обмен данными в онлайн-режиме, способствующий заблаговременной и оперативной передаче информации;
- система планирования и управления операциями погрузочного процесса, функционирующая в оперативном режиме;
- интеллектуальные системы управления процессом погрузки с возможностью контроля движения всех транспортных единиц.

С учётом современного уровня развития вычислительной техники и программирования возможно создание экспертных систем, способных

накапливать опыт и знания квалифицированных специалистов, принимая грамотные решения с высокой скоростью и точностью [5]. Внедрение экспертных систем управления экскаваторными работами способствует повышению уровня производительности, безопасности и эффективности деятельности экскаваторно-автомобильных комплексов [6].

Подходы к моделированию погрузочных работ машиниста экскаватора

Разработка экспертных систем требует моделирования управляемого процесса, которое может быть осуществлено различными способами. Для определения рационального соотношения числа машин в экскаваторно-автомобильном комплексе обычно применяются детерминированные методы либо методы статистического моделирования, однако они имеют определённые недостатки [7]. Так, в первых не учитывается стохастичность погрузочно-транспортного процесса, а во вторых – его динамичность, при которой различные факторы оказывают неодинаковое влияние на производительность машин в разные временные периоды. Данное обстоятельство актуализирует поиск оптимального подхода к моделированию погрузочных работ машиниста экскаватора.

Можно выделить следующие разновидности моделей процесса погрузочных экскаваторных работ [8]:

1. Математическая. Является компактной формализованной записью всей совокупности параметров и условий погрузочного процесса в виде различных математических выражений. Отличается низкой стоимостью создания и возможностью быстрой экспериментальной проверки различных гипотез о функциях и составе моделируемого процесса.
2. Дескриптивная. Представляет собой систему уравнений, которые описывают связи между величинами расхода различных ресурсов, затрачиваемыми при осуществлении процесса погрузки. Эта модель не

даёт возможности определить оптимальный план использования ресурсов.

3. Оптимизационная. Является совокупностью целевой функции и системы накладываемых на её переменные ограничений, решение которой имеет вид множества значений, определяющих величины оптимального расхода ресурсов. Оптимизационные модели могут быть классифицированы по ряду признаков:
   - по характеру целевой функции и входящих в систему ограничений уравнений – линейные и нелинейные;
   - по степени важности случайных факторов – детерминированные и стохастические;
   - по этапности принимаемых управленческих решений – статические и динамические;
   - по характеру системы ограничений – общего и специального вида.

Наиболее перспективным для создания экспертных систем экскаваторных работ является математическое моделирование, в рамках которого выделяются следующие модели [9]:

1. Аналитические. Позволяют проанализировать только часть факторов всего объекта исследования, что существенно упрощает анализ результатов вычислений и даёт возможность выделять ключевые закономерности, присущие явлению. Аналитические модели лучше прочих позволяют находить оптимальные решения, однако возможность их создания в виде функциональной зависимости конечных системных параметров от начальных существует не всегда, что ограничивает их применение.
2. Статистические. Более точны и детальны по сравнению с аналитическими, не требуют значительных допущений и обеспечивают возможность анализа большего количества факторов. В то же время им свойственны объёмность, малая обозримость,

значительные вычислительные затраты и сложность поиска оптимального решения.

3. Имитационные. Основаны на поведении системы – воспроизведении алгоритма её функционирования во времени. Целесообразность их применения при разработке экспертных систем обусловлена возможностью построения моделей без привлечения сложного математического аппарата, их воспроизведением реальных процессов с учётом взаимодействия элементов экскаваторно-автомобильного комплекса, высокой результативностью при исследовании системы в динамике и возможностью интерактивного вмешательства в осуществляемый процесс моделирования [10].

Единственным недостатком имитационных моделей погрузочных работ является трудность их применения в режиме реального времени [11]. В такой ситуации статистическая модель может преобразовываться в аналитическую модель распределения ресурсов посредством аппроксимирования накапливаемой при моделировании статистики аналитическими выражениями и её применении при решении распределительной задачи. Использование модельного комплекса, обеспечивающего функционирование различных информационно-аналитических методов управления экскаваторными работами, обеспечивает принятие наиболее рациональных и экономически выгодных управленческих решений [12].

Заключение

Имитационное моделирование экскаваторных погрузочных работ с целью их дальнейшей оптимизации используется для технической реализации автоматизированной экспертной системы управления работой экскаватора и позволяет собирать и изучать различные характеристики технологического процесса выполняемых работ, что способствует повышению их качества. Методы статистического моделирования дают возможность снять все искусственно введённые в аналитическую модель ограничения, однако им присущи такие недостатки, как сложность получения функциональных

зависимостей, большее время реализации и малая обозримость. Оптимальным решением при моделировании погрузочных работ машиниста экскаватора представляется сочетание методов имитационного, аналитического и статистического моделирования, что позволяет создать наиболее эффективную экспертную систему для повышения качества экскаваторных работ.

Список литературы

1. Курганов В.М., Грязнов М.В., Колобанов С.В. Оценка надёжности функционирования экскаваторно-автомобильных комплексов в карьере // Записки Горного института. – 2020. – Т. 241. – С. 10-21.
2. Хакулов В.А. Создание аппаратно-программного комплекса мониторинга процессов экскавации для геомеханического обеспечения горных работ / В.А. Хакулов, А.В. Шаповалов, В.Н. Игнатов, М.В. Игнатов // Цифровые технологии в горном деле: тезисы докладов Всероссийской научно-технической конференции. – Апатиты: Издательство ФИЦ КНЦ РАН, 2021. – С. 70-71.
3. Малафеев С.И., Малафеев С.С. Информационные и управляющие компоненты электрических карьерных экскаваторов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 4. – С. 33-45.
4. Новиков А.Н. Разработка научно-методических подходов для повышения эффективности эксплуатации карьерного транспорта / А.Н. Новиков, И.А. Новиков, Н.А. Загородний, А.С. Семыкина // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2020. – Т. 17, № 6 (76). – С. 690-703.
5. Кызылбаева Э.Ж., Омарова А.М. Экспертные системы в автотранспортных предприятиях // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 4. – С. 109-116.
6. Котяшев А.А. Оценка влияния технологических факторов на показатели работы погрузочно-транспортных комплексов // Проблемы недропользования. – 2019. – № 3 (22). – С. 130-136.

7. Мартьянов В.Л. Управление работой автосамосвалов на карьерах // Труды Инсторфа. – 2020. – № 22 (75). – С. 43-47.
8. Математическое моделирование транспортных систем и процессов: учебное пособие / Рахмангулов А.Н., Цыганов А.В., Пикалов В.А., Муравьёв Д.С. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2021. – 190 с.
9. Тян К.Л. Аналитические, статистические и имитационные модели: преимущества и недостатки // International scientific review of the problems and prospects of modern science and education: collection of scientific articles LXX International correspondence scientific and practical conference. – 2020. – С. 18-20.
10. Бахтурин Ю.А. Параметрическая адаптация транспортных систем карьеров на основе универсальной интерактивной имитационной модели // Проблемы недропользования. – 2018. – № 4 (19). – С. 71-80.
11. Казеев И.М. Имитационное моделирование транспортно-технологического комплекса // Образовательные ресурсы и технологии. – 2020. – № 1 (30). – С. 69-74.
12. Шаламова О.А. Способы повышения эффективности эксплуатации транспортно-технологических комплексов с использованием имитационного моделирования / О.А. Шаламова, Е.В. Самойлова, Е.О. Юркова, Г.Г. Ядрошникова // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2017. – № 3 (42). – С. 12-18.

Bibliography

1. Kurganov V.M., Gryaznov M.V., Kolobanov S.V. Assessment of the reliability of the functioning of excavator-automobile complexes in a quarry. Zapiski Gornogo instituta. - 2020. - T. 241. - S. 10-21.
2. Khakulov V.A. Creation of a hardware-software complex for monitoring excavation processes for geomechanical support of mining / V.A. Khakulov, A.V. Shapovalov, V.N. Ignatov, M.V. Ignatov // Digital Technologies in

Mining: Abstracts of the All-Russian Scientific and Technical Conference. - Apatity: Publishing house of the FRC KSC RAS, 2021. - P. 70-71.

3. Malafeev S.I., Malafeev S.S. Information and control components of electric mining excavators // Mining Information and Analytical Bulletin. - 2021. - No. 4. - P. 33-45.
4. Novikov A.N. Development of scientific and methodological approaches to improve the efficiency of open-pit transport operation / A.N. Novikov, I.A. Novikov, N.A. Zagorodniy, A.S. Semykina // Bulletin of the Siberian State Automobile and Road University. - 2020. - T. 17, No. 6 (76). - S. 690-703.
5. Kyzylbaeva E.Zh., Omarova A.M. Expert systems in motor transport enterprises // Science and technology of Kazakhstan. - 2019. - No. 4. - S. 109-116.
6. Kotyashev A.A. Assessment of the impact of technological factors on the performance of loading and transport complexes // Problems of subsoil use. - 2019. - No. 3 (22). - S. 130-136.
7. Martyanov V.L. Managing the operation of dump trucks in quarries // Proceedings of Instorf. - 2020. - No. 22 (75). – P. 43-47.
8. Mathematical modeling of transport systems and processes: textbook / Rakhmangulov A.N., Tsyganov A.V., Pikalov V.A., Muravyov D.S. - Magnitogorsk: Magnitogorsk Publishing House. state tech. un-ta im. G.I. Nosova, 2021. - 190 p.
9. Tyan K.L. Analytical, statistical and simulation models: advantages and disadvantages // International scientific review of the problems and prospects of modern science and education: collection of scientific articles LXX International correspondence scientific and practical conference. - 2020. - S. 18-20.
10. Bakhturin Yu.A. Parametric adaptation of quarry transport systems based on a universal interactive simulation model // Problems of subsoil use. - 2018. - No. 4 (19). - S. 71-80.

11. Kazeev I.M. Simulation modeling of the transport and technological complex // Educational resources and technologies. - 2020. - No. 1 (30). - S. 69-74.
12. Shalamova O.A. Ways to improve the efficiency of operation of transport and technological complexes using simulation / O.A. Shalamova, E.V. Samoilova, E.O. Yurkova, G.G. Yadroshnikov // Bulletin of the Siberian State University of Communications. - 2017. - No. 3 (42). - P. 12-18.

© Халидуллин А.С. 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №3/2022

Для цитирования: Халидуллин А.С. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОГРУЗОЧНЫХ РАБОТ МАШИНИСТА ЭКСКАВАТОРА С ЦЕЛЬЮ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАБОТ// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №3/2022.