

10. Туленков Н.В. Введение в теорию и практику менеджмента: учеб. Пособие/ Н.В. Туленков. – К.: МАУП, 1998. – 314 с.
11. Классика менеджмента: пер. с англ. / Под ред. М. Уорена. – СПб.: Питер, 2001. – 1168 с.
12. Скiбiцький О.М. Стратегiчний менеджмент / О.М. Скiбiцький. – К.: ЦУЛ, 2006. – 312 с.
13. Турило А.М. Менеджмент iнновацiйного розвитку пiдприємства / А.М. Турило, А.А. Турило // Вiсник КНУ. – Кривий Рiг: КНУ, 2013. - №35. – С. 278–280.
14. Дойль П. Менеджмент: стратегiя i тактика / П. Дойль. – СПб.: Питер, 1999. – 560 с.
15. Chandler A. Strategy and structure / A. Chandler. – Cambridge: Mass MIT Press, 1962. – 384p.

Рукопис подано до редакції 15.04.2020

УДК 629.114.42: 622.271

В.И. ПАХОМОВ, канд. техн. наук, доц., И.В. ГИРИН, ст. препод.,
В.С. ГИРИН, д-р техн. наук., проф., Криворожский национальный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СЕРВИСНОГО ЦЕНТРА КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ ANYLOGIC

Цель. Основной целью работы является обеспечение эксплуатационной надежности технологического автотранспорта горнодобывающих предприятий путем повышения эффективности процессов технического сервиса с использованием разработанной методики моделирования системы обслуживания автомобилей

Методы исследования. В работе выполнены анализ и обобщение опубликованных теоретических разработок, аналитические расчеты, статистический анализ, экономико-математическое моделирование. Методология теоретических исследований основана на применении логических и математических методов. Также применяется ряд частных методов: аксиоматический и гипотетический методы, программно-целевой метод, анализ и синтез, метод интерпретации, корреляционно-регрессионный анализ, имитационное моделирование.

Научная новизна. Научную ценность представляет: разработанная имитационная модель функционирования сервисного центра для определения закономерностей оптимальной организации сервисного обслуживания на основе компьютерного эксперимента; разработанный алгоритм, позволяющий на основе обращений в автосервисный центр определять параметры имитационной модели и прогнозировать загрузку производственных мощностей сервисной зоны; предложенная система моделей развития автосервисного хозяйства, основанная на декомпозиционном подходе и включающая оптимизационную модель размещения производственных мощностей автосервиса и выбора их производственной структуры

Практическая значимость работы. Разработанная система моделирования позволяет: обосновывать оптимальное число ступеней проведения ТО и сопутствующего ремонта; сократить объемы работ, выполняемых на каждой ступени ТО и ремонта; оптимизировать режимы проведения технического обслуживания и ремонта для конкретных горно-технических условий эксплуатации подвижного состава: сократить время изъятия: подвижного состава из эксплуатации для его обслуживания и восстановления.

Результаты: разработанные математическая модель и методика оптимизации объемов работ в автосервисном центре позволяют выполнять функциональный анализ закономерностей, действующих при реализации процессов технического сервиса с использованием диагностической системы условий эксплуатации и изменения технического состояния подвижного состава; предлагаемая методика моделирования позволяют реализовать принципы индивидуального подхода к оценке условий эксплуатации и изменения технического состояния подвижного состава и использовать выявленные ранее закономерности для повышения эффективности системы технического сервиса большегрузных автосамосвалов.

Ключевые слова: автосервисный центр, моделирование, карьерные самосвалы, программа ANYLOGIC.

doi: 10.31721/2306-5451-2020-1-50-131-138

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Карьерный технологический автотранспорт является одним из основных элементов ведения открытых горных работ. Доля автотранспортных затрат в общей стоимости добычи открытым способом на украинских горнодобывающих предприятиях увеличивается по мере роста глубины карьеров и достигает иногда 70%. Вместе с тем фактическая производительность карьерных автосамосвалов значительно ниже их технико-технологических возможностей и эта разница составляет до 2,5 и более раз по различным маркам машин. При этом более половины потерь производительности карьерных автосамосвалов обусловлены состоянием системы технического обслуживания и ремонта. Повышение уровня развития, организации и обеспечения успешного функционирования автотранспортной системы во многом может достигаться благодаря поддержанию в рабо-

тоспособном состоянии подвижного состава не только за счет сбалансированного развития, плодотворного использования и рационального распределения ресурсов производственно-технической базы, но и за счет эффективной организации технологического процесса технического обслуживания автотранспорта. Это определяет в практическом аспекте актуальность обоснования параметров системы технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов для повышения эффективности этой системы. Решение этой научно-практической задачи является необходимым условием устойчивого повышения работоспособности карьерного автотранспорта и эффективности его производственной эксплуатации.

Анализ исследований и публикаций. Научным положениям и практическим рекомендациям по эксплуатации и ремонтному обслуживанию карьерных автомобилей посвящены работы Ю.А. Монастырского, Л.И. Андреевой, Э.В. Горшкова, А.А. Котяшева, А.А. Кудрявцева, А.М. Макарова, З.Л. Сироткина, Ю.В. Стенина, В.Д. Штейна, И.М. Циперфина, А.Н. Казареца и др. Дальнейшая работа по созданию эффективной системы автосервисного обслуживания карьерных автосамосвалов ведётся в направлении развития новых технологий контроля и диагностирования в связи со всё более широким применением интеллектуальных средств измерения и обработки диагностической информации на базе ПК. Но в вышеперечисленных работах вопросы научно-обоснованной методологии на проведение автосервисных работ в условиях современных горных предприятий не получили полноценного отражения. В связи с этим, поиск путей совершенствования функционирования системы технического обслуживания и ремонта с учетом условий эксплуатации и изменения значений технико-эксплуатационных характеристик технологического подвижного состава горнодобывающих предприятий является актуальным.

Постановка задачи. Для реализации цели в работе были поставлены следующие задачи: предложить эффективную модель формирования мощности автосервиса, учитывающую вероятностный характер производственных процессов;

разработать алгоритм адаптации общепринятой нормативной базы для расчёта мощности автосервиса с учетом воздействия горно-технических факторов эксплуатации подвижного состава;

разработать методику проведения моделирования, позволяющую произвести сбор исходных данных по всему технологическому подвижному составу горного предприятия;

обосновать критерии оптимальности создания нового или реконструкции действующего автосервиса с учётом его специализации;

получить путём моделирования показатели мощности автосервиса в диапазоне возможных значений исходных параметров на практике.

Изложение материала и результаты. Автосервисный центр представляет собою систему массового обслуживания (СМО). Построение пятиканальной модели такой системы (рис. 1) выполняется с помощью элементов библиотеки Enterprise Library. Для построения СМО используются элементы:

Source – источник заявок;

SelectOutput – элемент, который распределяет проведение технического осмотра;

Queue – очередь ожидания обслуживания заявок;

Delay – элемент, который моделирует узел обслуживания;

Sink – элемент, который принимает выполненные заявки.

В автосервисный центр приезжают карьерные автосамосвалы на ежедневное обслуживание и диагностику или на техническое обслуживание, либо на ремонт. В зависимости от периодичности проведения технического обслуживания или планового ремонта автосамосвалы направляются на посты технического обслуживания (ТО-1, ТО-2 или ТО-3) или на посты планового ремонта (ПР-1 или ПР-2). Первый канал - очередь проведения технического обслуживания ТО-1. Второй канал - очередь проведения технического обслуживания ТО-2. Третий канал - очередь проведения технического обслуживания ТО-3. Четвертый канал - очередь проведения планового ремонта ПР-1. Пятый канал - очередь проведения планового ремонта ПР-2. Необходимо добавить в модель из палитры «Статистика» семь элементов «Гистограмма» и семь элементов «Данные гистограммы». Гистограммы будут отображать распределение времени в системе на основании данных, собранных в элементах «Данные гистограммы». Первый такой элемент назовём Ochered_na_tehosmotr_1 (распределение времени ожидания на ТО-1). Второй

элемент `Ochered_na_tehosmotr_2` (распределение времени ожидания на ТО-2). Третий элемент `Ochered_na_tehosmotr_3` (распределение времени ожидания на ТО-3). Четвертый элемент `Ochered_na_Premont_1` (распределение времени ожидания на ПР-1). Пятый элемент `Ochered_na_Premont_2` (распределение времени ожидания на ПР-2). Шестой элемент `Ochered_na_choden_obsług` (распределение времени ожидания на ЕО) и седьмой элемент `Ochered_na_diagnost` (распределение времени ожидания на Д).

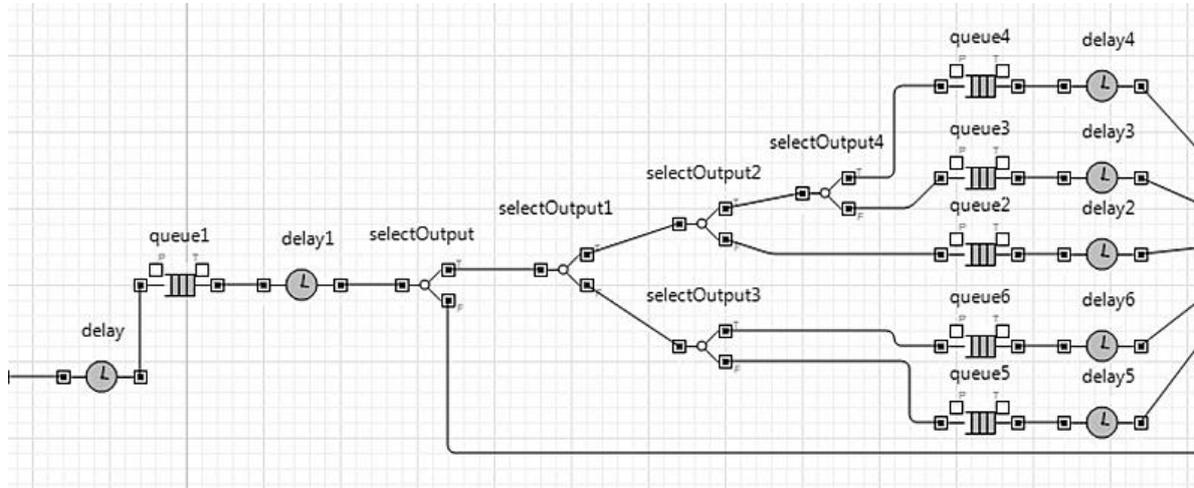


Рис. 1. Модель автосервисного центра

Затем необходимо открыть ранее построенные гистограммы параметров системы при максимальной вместимости очереди автосамосвалов, ожидающих обслуживания. Задаем заголовок «Распределение времени ожидания на ТО-1», в поле «Данные» задаем `Ochered_na_tehosmotr_1`. Также открываем вторую гистограмму, добавляем данные и задаем в качестве данных `Ochered_na_tehosmotr_2`, заголовок «Распределение времени ожидания на ТО-2». Открываем третью гистограмму, добавляем данные и задают в качестве данных `Ochered_na_tehosmotr_3`, а заголовок «Распределение времени ожидания на ТО-3». Открывают четвертую гистограмму, добавляют данные и задают в качестве данных `Ochered_na_Premont_1`, а заголовок «Распределение времени ожидания на ПР-1». Открывают пятую гистограмму, добавляют данные и задают в качестве данных `Ochered_na_Premont_2`, а заголовок «Распределение времени ожидания на ПР-2». Открывают шестую гистограмму, добавляют данные и задают в качестве данных `Ochered_na_choden_obsług`, а заголовок «Распределение времени ожидания на ЕО». Открывают седьмую гистограмму, добавляют данные и задают в качестве данных `Ochered_na_diagnost`, а заголовок «Распределение времени ожидания на Д». При настройке гистограмм должен быть активный флажок «Отображать плотность вероятности».

Для определения этих параметров в модель следует поместить класс. Класс вмещает два глобальных атрибута: `Vstal_v_ochered` - время, когда автосамосвал стал в очередь.

Размещение класса выполняется путем вызова диалога. Для этого следует получить контекстное меню для корневого класса на дереве проекта и выполнить команду «Создать» Java класс». В результате откроется диалог создание класса. На первом шаге необходимо задать имя класса и имя базового класса, который будет расширять новый класс. При работе с заявками в качестве такого класса выступает системный класс `com.xj.anylogic.libraries.enterprise.Entity`. Он представляет собой абстрактную заявку.

Затем следует перейти ко второму шагу и задать поля класса. В результате будет создан класс Java, код которого можно открыть и отредактировать при необходимости.

Выполним настройку построенной модели. Источник заявок обладает следующими настройками:

автосамосвалы находятся в источнике, промежуток времени между заявками равен единице;

количество заявок поступающих за один раз равно единице.

Для моделирования каналов нужно использовать такие элементы палитры библиотеки Enterprise Library:

элемент SelectOutput - этот элемент используется для моделирования процесса выбора прохождения технического обслуживания или планового ремонта и должен срабатывать с заданной вероятностью. Зададим ему такие свойства: значение вероятности равно 0,96. Равная вероятность выбора прохождения технического обслуживания или планового ремонту имеет процентное соотношение 4%, а вероятность выхода на линию после ежедневного обслуживания и диагностики - 96%;

элемент SelectOutput1 - этот элемент должен срабатывать с заданной вероятностью. Зададим ему такие свойства: значение вероятности равно 0,96. Равная вероятность выбора прохождения технического обслуживания, которая имеет процентное соотношение 96%, а вероятность прохождения планового ремонту - 4%;

элементу SelectOutput2 зададим такие свойства: значение вероятности равно 0,473. Равная вероятность выбора прохождения технического обслуживания ТО-1, которая имеет процентное соотношение 52,7%, а вероятность прохождения технического обслуживания ТО-2 и ТО-3 – 47,3%;

элементу SelectOutput3 зададим такие свойства: значение вероятности равно 0,55. Равная вероятность выбора прохождения планового ремонта ПР-1, которая имеет процентное соотношение 45%, а вероятность прохождения планового ремонта ПР-2 - 55%;

элементу SelectOutput4 зададим такие свойства: значение вероятности равно 0,44. Равная вероятность выбора прохождения технического обслуживания ТО-2, которая имеет процентное соотношение 56%, а вероятность прохождения технического обслуживания ТО-3 - 44%;

элемент Sink принимает отработанные заявки. Он обладает параметрами настройки по умолчанию.

Настроим эксперимент модели:

модельное время – часы;

время остановки модели 8760.

Проведем исследование имитационной модели функционирования автосервисного центра. В зависимости от выбранного критерия исследование может быть направлено на совершенствование технической системы, на улучшение управления информационными потоками, на оптимизацию различных производственных задач.

Простои карьерных автосамосвалов, являющихся дорогостоящей и высокопродуктивной техникой, в ожидании выполнения технического обслуживания и ремонта, а также простои, связанные с проведением ТО и ремонта, как правило, сопровождаются значительными затратами и снижением производительности этих машин. В этой связи для исследования имитационной модели автосервисного центра в качестве критерия принят такой показатель, как время ожидания на ТО и ремонт автосамосвалов. Исследование работы имитационной модели автосервисного центра выполнялось с использованием откорректированных нормативов ТО и ремонта автосамосвалов БелАЗ-75131:

$$L'_{\text{то1}} = L_{\text{н то1}} K_{\text{рез}} = 250 \cdot 1,05 = 262,5 \text{ час}; \quad t'_{\text{то1}} = t_{\text{то1}} K_{\text{рез}} = 19,5 \times 0,9 = 17,6 \text{ чел-час};$$

$$L'_{\text{то2}} = L_{\text{н то2}} K_{\text{рез}} = 500 \cdot 1,05 = 525 \text{ час}; \quad t'_{\text{то2}} = t_{\text{то2}} K_{\text{рез}} = 43 \times 0,9 = 38,7 \text{ чел-час};$$

$$L'_{\text{то3}} = L_{\text{н то3}} K_{\text{рез}} = 1000 \cdot 1,05 = 1050 \text{ час}; \quad t'_{\text{то3}} = t_{\text{то3}} K_{\text{рез}} = 60 \times 0,9 = 54 \text{ чел-час};$$

$$L'_{\text{пр1}} = L_{\text{н пр1}} K_{\text{рез}} = 5000 \cdot 1,05 = 5250 \text{ час}; \quad t'_{\text{пр1}} = t_{\text{пр1}} K_{\text{рез}} = 400 \times 0,9 = 360 \text{ чел-час};$$

$$L'_{\text{пр2}} = L_{\text{н пр2}} K_{\text{рез}} = 8000 \cdot 1,05 = 8400 \text{ час}; \quad t'_{\text{пр2}} = t_{\text{пр2}} K_{\text{рез}} = 690 \times 0,9 = 621 \text{ чел-час}$$

$$t'_{\text{ео}} = t_{\text{ео}} K_{\text{рез}} = 0,7 \times 0,9 = 0,63 \text{ чел-час}.$$

Результаты расчета годовой производственной программы автосервисного центра по техническому обслуживанию и ремонту автосамосвалов БелАЗ-75131 представлены в табл. 1.

Таблица 1

Годовая программа по ТО и ремонту автосамосвалов

Виды работ	$L_{\text{кв}}$, км	$L_{\text{о}}$, км	α_t	N_i	t'_i , чел-час	T_i , чел-час
Капитальный ремонт	250000	598200	0,788	2	–	–
Плановый ремонт №2	84000	598200	0,788	5	621	2936,7
Плановый ремонт №1	52500	598200	0,788	4	360	1538,4
Техническое обслуживание №3	10500	598200	0,788	46	54	2461,4
Техническое обслуживание №2	5250	598200	0,788	57	38,7	2205,0
Техническое обслуживание №1	2625	598200	0,788	114	17,6	2005,6
Ежедневное обслуживание и диагностика	–	598200	0,788	2301	0,63	1449,6
Сумма	–	–	–	2529	1092	12597

С учетом годовой производственной программы по ТО и ремонту автосамосвалов БелАЗ-75131 рассчитаны: количество постов ТО и ремонта (табл. 2), численность производственного персонала (табл. 3) и площади производственных помещений автосервисного центра (табл. 4).

Количество постов для ТО и ремонта автосамосвалов

Виды работ	N_{oi}	R_i	τ_i	X_i
Плановый ремонт №2	0,013	37047,8	114005	3
Плановый ремонт №1	0,012	40999,6	84005	2
Техническое обслуживание №3	0,125	3843,7	7805	2
Техническое обслуживание №2	0,156	3075,0	3005	1
Техническое обслуживание №1	0,312	1537,5	2105	1
Ежедневное обслуживание и диагностика	12,608	38,1	155	4

Таблица 2

Таблица 3
Численность производственного персонала

Наименование зон и цехов	$\Phi_{в.р.}$, час	$Ч_{р.л.}$, кол.раб.
Пост технического обслуживания №1	1738	2
Пост технического обслуживания №2 и №3	1738	2
Пост ежедневного обслуживания	1738	2
Пост планового ремонта №1	1738	2
Пост планового ремонта №2	1738	2
Пост диагностики	1738	2
Склад лакокрасочных материалов	1738	1
Покрасочный цех	1738	1
Арматурный цех	1738	1
Жестяницкий цех	1738	1
Сварочный цех	1738	1
Склад запасных материалов	1738	1
Вулканизационный цех	1738	1
Шинномонтажный цех	1738	1
Склад инструмента	1738	1
Слесарно-механический цех	1738	1
Электротехнический цех	1738	1
Цех по ремонту топливной аппаратуры	1738	1
Агрегатный цех	1738	1
Кузнечный цех	1738	1
Медницкий цех	1738	1
Аккумуляторный цех	1738	1

Таблица 4
Площади производственных помещений

Наименование производственных помещений	Площадь, м ²
Пост технического обслуживания №1	326
Пост технического обслуживания №2 и №3	326
Пост ежедневного обслуживания	652
Пост планового ремонта №1	326
Пост планового ремонта №2	326
Пост диагностики	652
Склад лакокрасочных материалов	9,0
Покрасочный цех	165
Арматурный цех	10,4
Жестяницкий цех	165
Сварочный цех	165
Склад запасных материалов	9,0
Вулканизационный цех	33,6
Шинномонтажный цех	297,2
Склад инструмента	2,6
Слесарно-механический цех	136,8
Электротехнический цех	32,8
Цех по ремонту топливной аппаратуры	36,9
Агрегатный цех	114,4
Кузнечный цех	66,5
Медницкий цех	52,3
Аккумуляторный цех	43,2
Зона хранения автосамосвалов	2520
Сумма	6467,7

На основании исходных данных, которые представлены в табл.1 - 4 выполнено моделирование функционирования автосервисного центра. Модельное время - минуты. Время остановки не задано. Скорость прорисовки презентации задаём равной 8 единиц. Вид работающей модели показан на рис. 2, а каналов обслуживания на рис. 3.

Из работы данной модели можно увидеть, что автосамосвал после зоны ежедневного обслуживания перемещается в зону компьютерной диагностики. Именно компьютерная диагностика помогает выявить основные неисправности карьерных автосамосвалов, определить объёмы и трудоёмкость ремонтных работ, а также спланировать выполнение в срок этих ремонтов. В связи с этим компьютерная диагностика автомобиля является важнейшим этапом профессиональных работ любого авто сервисного центра. Компьютерная диагностика гарантирует на определенный период надежность всех элементов управления автосамосвалом, а также позволяет провести адаптацию или перепрограммирование бортовой компьютерной системы. Компьютерный диагностический комплекс подсоединяется к специальному разъёму автосамосвала и выполняется сканирование всех электронных систем автомобиля по главным параметрам работоспособности. Основные системы и элементы, которые диагностируются: системы двигателя, тяговый электропривод, электромотор-колесо, ходовая часть, рулевое управление, тормозные системы, гидравлическая система и низковольтное электрооборудование.

Компьютерная диагностика может занимать разную продолжительность по времени, в зависимости от того, за какими неисправностями выполняется проверка. Однако, как правило, это составляет от 10 до 30 минут.

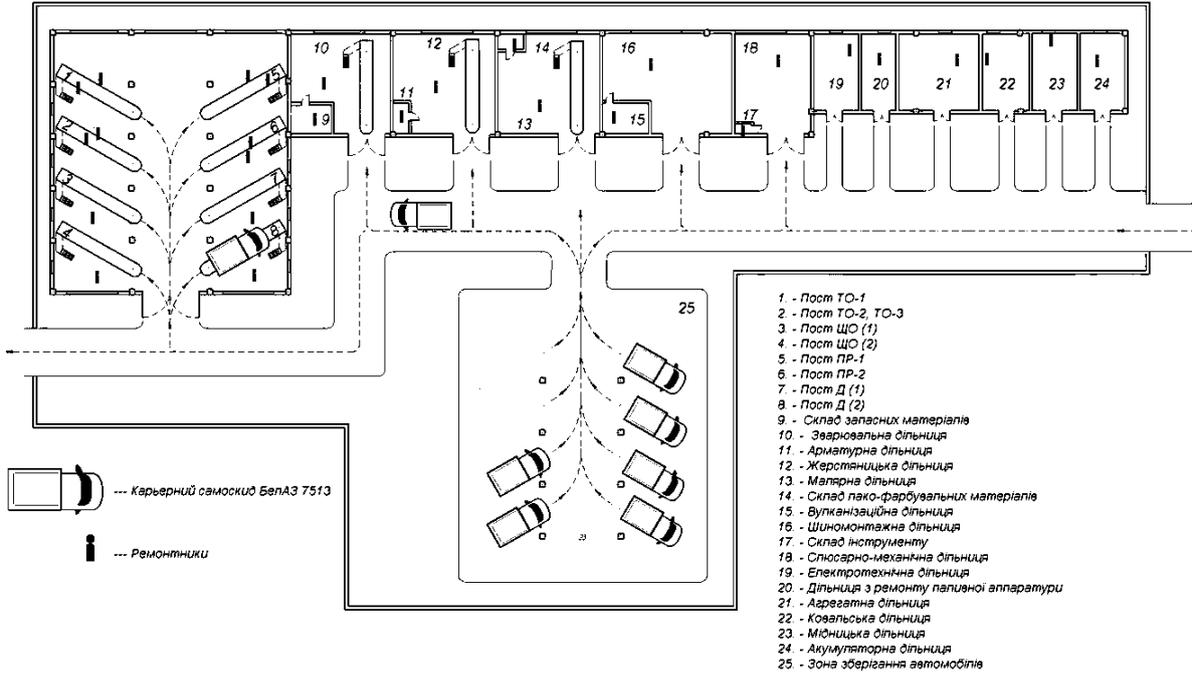


Рис. 2. Схема перемещений автосамосвалов

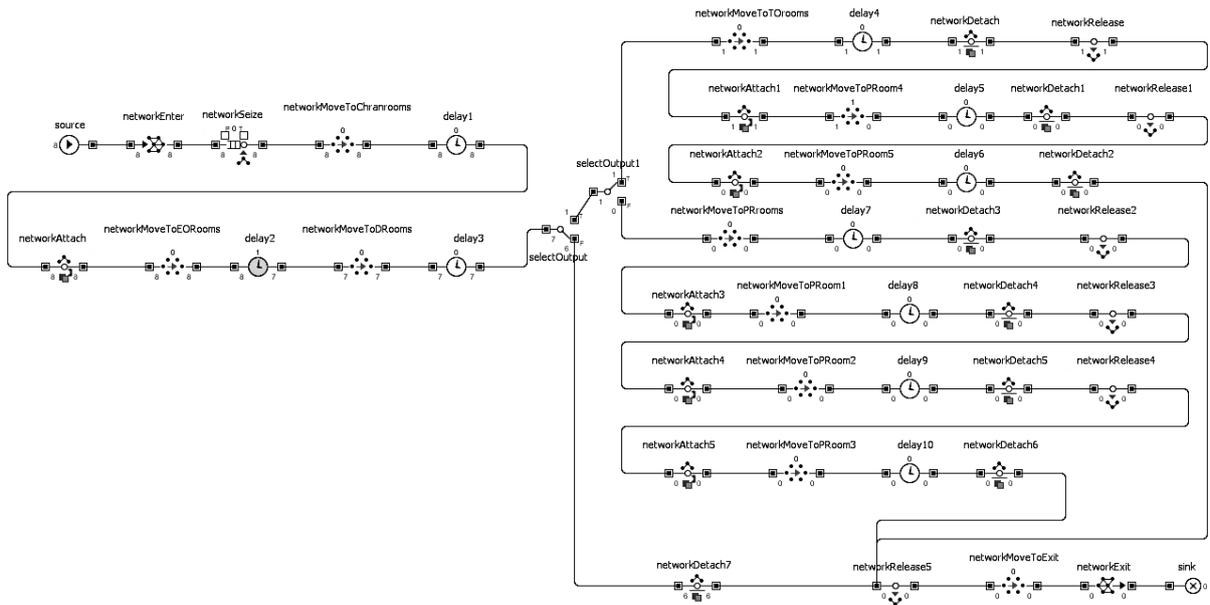


Рис. 3. Канали обслуговування автосамосвалов

При проведенні комп'ютерної діагностики автосамосвала розглядаються не тільки шифри помилок, а також текучі показання всіх датчиків і механізмів самосвала в графічному і цифровому режимі. Комп'ютерна діагностика самосвала дозволяє швидко і точно виявити несправності в вузлах і агрегатах, і дати оцінку общему стану автосамосвала.

Исследование работы имитационной модели автосервисного центра выполнялось в соответствии с принятым критерием, т.е. по минимальным значениям времени ожидания на техническое обслуживание и ремонт карьерных автосамосвалов. Поэтому такая характеристика параметров элементов очереди, как вместимость, установлена на уровне «минимальная», вместо «максимальная», которая была установлена при сборе статистических данных функционирования модели автосервисного центра.

Выводы и направление дальнейших исследований. Анализ результатов исследования имитационной модели автосервисного центра показывает, что модель, функционирующая по критерию минимальных потерь времени на ожидание обслуживания имеет значительные преимущества (табл. 5).

Таблица 5

Сравнительный анализ работы модели автосервисного центра

Узлы обслуживания модели	Потери времени на ожидание обслуживания, час (при критерии вместимости очереди)		Сокращение потерь времени на ожидание обслуживания, разы
	максимальная	минимальная	
Посты ЕО	20,6	0,6	-34,3
Посты диагностики	18,5	1,5	-12,3
Посты ТО-1	56,08	14,72	-3,8
Посты ТО-2	30,75	5,7	-5,4
Посты ТО-3	21,48	11,04	-1,94
Посты ПР-1	15,4	1,2	-12,8
Посты ПР-2	14,6	5,6	-2,6

Таким образом, сокращение потерь времени на ожидание обслуживания составило в среднем от 1,94 до 12,8 раза, что позволяет увеличить время работы большегрузных автосамосвалов в карьере. А это в свою очередь обуславливает повышение производительности и эффективности карьерного автотранспорта.

Список литературы

1. **Монастирський Ю. А.** Моделювання функціонування кар'єрних автосамоскидів / **Ю. А. Монастирський** // Качество мінерального сировини: сб. научн. трудов. – Кривий Ріг, 2011. – С. 420-424.
2. **Анистратов К.Ю.** Полное сервисное обслуживание / **К.Ю. Анистратов, С.Н. Горьков** // Горная промышленность. — 2006. — № 62. — С. 34-37.
3. **Монастирський Ю. А.** Модель визначення параметрів авторемонтного виробництва кар'єрних автосамоскидів на території України / **В. М. Старченко, Ю. А. Монастирський, А. В. Веснін** // Вісник Східноукраїнського університету імені Володимира Даля. – Луганськ, 2011. – № 5(159). – С. 25-30.
4. **Крейсман Е.А.** Аналіз гірничо-технічних умов експлуатації та режимів руху великовантажних самоскидів Криворізького регіону / **Крейсман Е.А., Монастирський Ю.А., Веснін А.В., Гальченко А.В.** // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: Науково-виробничий збірник / АДІ ДонНТУ. – 2012. – № 1(14). – С. 115-119.
5. **Монастирський Ю. А.** Експлуатація і сервисне обслуговування кар'єрної техніки «БЕЛАЗ» в Україні / **Монастирський Ю. А.** // Горний журнал. – 2013. – № 1. – С. 78-80.
6. **Монастирський Ю.А.** Врахування специфіки гірничотехнічних умов роботи автосамоскидів як шлях до підвищення продуктивності кар'єрної техніки / **Веснін А.В., Систук В.О.** // Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення та експлуатації машинобудівних конструкцій: Тези доповідей. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД. – 2012. – С. 82–84.
7. **Монастирський Ю.А.** Моделирование ресурсных и технологических состояний функционирования карьерных самосвалов БелАЗ / **Монастирський Ю.А., Потапенко В.В.** // Вісник СевНТУ. – 2013. – Вип. 143. – С. 83-87. (Серія: Машиноприладобудування та транспорт).
8. Сучасний стан технологічного автотранспорту залізничних кар'єрів / **Ю.А. Монастирський, А.С. Вивчарик, І.В. Бондар, Т.А. Клімів** // Сучасні автомобільні розробки України. – Миколаїв, 2015. – С.82-85.
9. Підвищення надійності роботи кар'єрних автосамоскидів з електромеханічною трансмісією при фірмовому сервісі / **Ю.А. Монастирський, І.В. Бондар, Т.А.Клімов, О.Л. Шитов** // Проблеми розвитку транспортних систем і логістики: матер. VII міжнар. наук.-практ. конф., Северодонецьк – Одеса, 26-28 квітня 2017 року: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. – Северодонецьк: СХУ ім. В. Даля, 2017. – С. 187.
9. Математичні моделі функціонування кар'єрних самоскидів БЕЛАЗ з електромеханічною трансмісією / **Монастирський Ю.А., Бондар І.В., Клімов Т.А.** // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал.- Луцьк: Луцький НТУ, 2017.- №2(9). – с. 82–86.
10. **Анистратов К.Ю.** Техническое обслуживание карьерной техники: современный уровень и перспективы развития / **К.Ю. Анистратов** // Горная промышленность. — 2004. — № 49. — С. 31-33.
11. Карьерный автотранспорт: состояние и перспективы / **П.Л. Мариев, А.А. Кулешов, А.Н. Егоров и др.** — СПб.: Наука, 2004. — 429 с.
12. **Басс К.М.** Плоскостное и пространственное математическое моделирование движения карьерного автотранспорта / **К.М. Басс, В.В. Плахотник, В.В. Кривда** // Науковий Вісник ДДМА. – 2013. – № 3. – С56.
13. **Дриженко А.Ю.** Карьерные технологические горнотранспортные системы: моногр. / **А.Ю. Дриженко.** – Д.: НГУ, 2011. – 542 с.
14. **Ушаков Ю.Ю.** О выборе параметров системы технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов для повышения их эксплуатационной надежности // Совершенствование деятельности по обеспечению безопасности производства на угледобывающих предприятиях. Отдельные статьи: Горный информационно-

аналитический бюллетень (научно-технический журнал). –2015. –№12 (специальный выпуск 70). –М.: Издательство «Горная книга». –С. 43-53.

15. **Андреева Л. И.** Исследование эксплуатационной надежности карьерных автосамосвалов / **Л.И. Андреева, Ю.Ю. Ушаков**// Известия УГГУ/ УГГУ. –Екатеринбург, 2016. –№ 3(43) –С. 74-77

16. **Бусыгин Е.Н.** Использование сетевых графиков при планировании, подготовке и организации проведения ремонтных работ / **Е.Н. Бусыгин, А.В. Напольских, А.Л. Блеч, А.Н. Рыбаков, Ю.Ю. Ушаков**// Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сборник докладов Хмеждународ. науч.-техн. конф. «Чтения памяти В.Р. Кубачека»/УГГУ.–Екатеринбург, 2012.–С. 358-362.

17. **Рыбаков А. Н.** Сокращение потерь рабочего времени ремонтного персонала на основе использования сетевых графиков / **А.Н. Рыбаков, Ю.Ю. Ушаков**// Студент и научно-технический прогресс: тезисы докладов XXXVI студенческой научной конференции/ЧелГУ.–Челябинск, 2013.–С. 6-7.

18. **Рождественский Ю. В.** Оценка эффективности использования карьерных автосамосвалов по критерию «производительное время» на примере ОАО «Ковдорский ГОК» / **Ю.В. Рождественский, Ю.Ю. Ушаков**// Материалы пятой международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития евроазиатских транспортных систем»/ЮУрГУ.–Челябинск, 2013.–С. 232-235.

19. **Ушаков Ю.Ю.** Повышение эффективности системы технической эксплуатации карьерных автосамосвалов на горнодобывающих предприятиях // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сборник трудов XIII междунар. науч.-техн. конф. «Чтения памяти В.Р. Кубачека»/УГГУ.–Екатеринбург, 2015.–С. 380-383.

20. **Андреева Л. И.** К вопросу о повышении эффективности ремонтной службы горнодобывающего предприятия / **Л.И. Андреева, В.Ю. Мартынов, Ю.Ю. Ушаков** // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сборник трудов XIV междунар. науч.-техн. конф. «Чтения памяти В.Р. Кубачека»/УГГУ.–Екатеринбург, 2016.–С. 427-434.

21. **Андреева Л. И.** Оценка факторов, влияющих на эксплуатационные показатели карьерного автотранспорта / **Л. И. Андреева, Ю.Ю. Ушаков**// Мир дорог. Спецвыпуск. –2016.–С. 62-64.

Рукопись поступила в редакцию 15.01.2020

УДК 621.31

В.Г. САЯПІН, аспірант, Д.І. КУЗНЕЦОВ, канд. техн. наук, доцент
Криворізький національний університет

СТРУКТУРА І АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТА БУДОВИ MICROGRID З ВИКОРИСТАННЯМ ДЖЕРЕЛ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЇ

Мета. Кризовий стан енергосистеми України та велика залежність від імпорту палива призводять до потреби перегляду концепції енергосистеми та впровадження таких сучасних технологій, як Microgrid. Провести аналіз сучасних технологій, що використовуються у Microgrid з джерелами відновлювальної енергії, її структури та архітектури керування, особливості їх використання, для розробки системи керування розподіленням енергії в межах Microgrid з відновлювальними джерелами енергії.

Методи. Під час дослідження використано комплексні загальнонаукові теоретичні методи наукового дослідження. Методи теорії автоматичного керування та системний підхід в межах Microgrid з джерелами відновлювальної енергії.

Наукова новизна. Наукова новизна результатів після проведеного дослідження виходить з того, що визначено особливості побудови різних типів Microgrid, їх переваги та недоліки, особливості їх структури та архітектури керування. Аргументовано використання мереж постійного струму як перспективний напрямок в розвитку Microgrid.

Практична значимість. Отримані під час дослідження результати можуть використовуватись при розробці Microgrid з відновлювальними джерелами енергії з врахуванням їх переваг та недоліків, у розробці алгоритмів керування в межах Microgrid та дослідженні нових методів і архітектур керування для побудови Microgrid.

Результати. Означено теперішній стан енергосистеми України і визначено подальші перспективи. Перспективним є використання мереж постійного струму в Microgrid з використанням джерел відновлювальної енергії. Визначено пріоритет розробки Microgrid в Україні, але в наш час ще недостатньо досліджень використання Microgrid в умовах країни. Більш надійні архітектури керування Microgrid, такі як децентралізована архітектура і точка-точка не здатні до оптимального розподілення та прогнозування виробки та споживання енергії в межах мережі. Визначено подальші напрямки проведення досліджень для виявлення особливостей використання Microgrid з джерелами відновлювальної енергії в умовах України разом з використанням прогнозуючих моделей, що дозволить збільшити ефективність мережі.

Ключові слова: Microgrid, керування, відновлювальні джерела енергії, аналіз, архітектура.

doi: 10.31721/2306-5451-2020-1-50-138-142