

УДК 629.113

В.И. ПАХОМОВ, канд. техн. наук, доц., И.В. ГИРИН, ст.преподаватель
Криворожский национальный университет

СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЕЖЕДНЕВНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Цель. Основной целью работы является обеспечение эксплуатационной надежности подвижного состава автотранспортных предприятий повышением эффективности процессов технического сервиса с использованием разработанной системы моделирования условий обслуживания автомобилей с учетом изменений в процессе эксплуатации их технического состояния.

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

Научная новизна. Научную ценность представляет предложенная математическая модель влияния величины значений технико-эксплуатационных характеристик автотранспортных средств в зависимости от эффективности технического обслуживания автопарка, что дает возможность определить порядок комплексного анализа параметров обслуживания для каждой транспортной единицы.

Практическая значимость работы. Разработанная методика влияния величины значений эксплуатационных характеристик подвижного состава АТП, учитывающая законы распределения ЕО и распределения времени поступления автомобилей в зону ЕО, дает возможность повысить техническую готовность транспортных средств за счет корректировки периодов их технического обслуживания. Практическую ценность представляет также разработка методики выбора рациональных параметров системы ежедневного технического обслуживания автотранспорта, применение которой позволит обоснованно распределять нагрузку на подвижный состав в АТП с учетом заданных условий эксплуатации и определять приоритеты при постановке машин на ремонтные работы.

Результаты:

разработанные математическая модель и методика оптимизации объемов ежедневного обслуживания позволяют выполнять функциональный анализ закономерностей, действующих при реализации процессов технического сервиса с использованием диагностической системы условий эксплуатации и изменения технического состояния подвижного состава;

предлагаемая расчетная методика 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 в АТП

Ключевые слова: ежедневное обслуживание автомобилей, организация системы обслуживания.

doi: 10.31721/2306-5451-2019-1-49-75-80

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Рентабельная работа транспортного комплекса является важнейшим условием социальной и экономической стабильности государства. Повышение уровня развития, организации и обеспечения успешного функционирования автотранспортной системы во многом может достигаться благодаря поддержанию в работоспособном 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. В связи с этим в современных условиях возникает необходимость решения задач, связанных с формированием оптимальных режимов проведения технического обслуживания с учетом конкретных условий эксплуатации подвижного состава АТП, в том числе продуктивной системы ежедневного обслуживания автомобилей

Анализ исследований и публикаций. Повышение эффективности использования парка автотранспортных средств неразрывно связано с необходимостью учета его фактической готовности при планировании периодов и объема технического обслуживания. Учету условий эксплуатации при планировании ремонта и обслуживания автотранспорта посвящены работы Ю.А. Монастырского, Е.С. Кузнецова, Р.Х. Хасанова, Н.Я. Говорущенко, Г.М. Напольского, Л.Г. Резника, А.Г. Сергеева, В.А. Бондаренко, А.П. Болдина, Н.С. Захарова И.Н. Аринина, М.М. Болбас, А.П. Дунаева, Ф.Н. Авдонькина, И.Н. Аринина, Б.Д. Прудовского, В.П. Воронова, И.Б. Гурвича, И.Е. Дюмина, Б. С. Клейнера. Значительный вклад в разработку технологии ТО

внесли Хабардин В.Н., Бойко Ю.Ф., Зеленин В.А., Озорнин С.П., Плаксин А.М., Хмелевой Н.М., Сегал Л.В.

Агеев Л.Е., Бахриев С.Х., Федоров С.П., Болоев П.А., Торских Г.Д., Бережнов Н.Г., Дидманидзе О.Н., Пухов Е.В. Черепанов С.С., Барам Х.Г., Гальперин А.С. посвятили свои работы совершенствованию ТО, материально-техническому обеспечению обслуживания и ремонта машин. Дальнейшая работа по созданию системы ТО «по состоянию» ведется в направлении развития новых технологий контроля и диагностирования в связи со все более широким применением интеллектуальных средств измерения и обработки диагностической информации на базе ПК. Но в вышеперечисленных работах вопросы научно-обоснованной методологии на проведения работ ТО в условиях современных автохозяйств не получили полноценного отражения. В связи с этим, поиск путей совершенствования функционирования системы технического обслуживания с учетом условий эксплуатации и изменения значений технико-эксплуатационных характеристик подвижного состава предприятий является актуальным.

Постановка задачи. Для повышения эффективности выполнения процессов технического обслуживания необходимо:

разработать научно-обоснованные методологические принципы и подходы к формированию системы технического обслуживания автомобилей в условиях принятия оперативных решений в АТП с изменяющейся численностью подвижного состава;

установить закономерности возникновения и формирования потоков отказов автомобилей при пассажирских и грузовых перевозках;

разработать методику, позволяющую обоснованно определять систему проведения ЕО и периодичность технического обслуживания автомобилей с учетом специфики их эксплуатационных показателей,

разработать практические рекомендации для АТП, позволяющие сократить затраты в эксплуатации за счет оптимизации технического обслуживания.

Изложение материала и результаты. Ежедневное обслуживание автомобилей проводится один раз в сутки между рабочими сменами и в зависимости от режима работы автомобилей и организации выполнения этих работ (единичным методом или поточным).

Для грузового АТП, которое осуществляет перевозки только в первую смену ЕО выполняется после работы автомобилей на линии во вторую (вечернюю) смену. Когда перевозки осуществляются в первую и вторую смену ЕО проводится в ночную смену.

Для автобусного АТП ежедневное обслуживание проводится после работы автобусов на линии в вечернюю или ночную смену. Для автотранспортных средств, которые осуществляют междугородние перевозки, ЕО может проводиться в любую из трех смен. Для технологического карьерного автотранспорта, который осуществляет перевозки горной массы в течение суток, ЕО также проводится в любое время между смен.

К входным параметрам системы ежедневного технического обслуживания относится количество требований на ЕО, которое составляет суточную программу системы обслуживания. Характеристикой этого параметра является закон распределения поступлений требований на ЕО. Количество требований на ЕО, которое определяется суточной программой технической службы АТП, рассчитывается от списочного количества автомобилей

$$N_{eo}^c = (0,8 - 0,85) \cdot A_{cn}, \quad (1)$$

Под это максимальное количество ЕО должна быть рассчитана пропускная способность зоны ЕО. Однако на практике по различным причинам в зону ЕО заезжает всегда значительно меньшее количество автомобилей. Для достоверности количество требований на ЕО определяют по статистическим наблюдениям при проведении натурного эксперимента (рис. 1). Для чего проводится сборка информации о количестве проведенных ЕО за сутки на протяжении длительного периода от одного до нескольких месяцев. Обработка полученной информации позволяет определить показатели, приведенные ниже.

1. Математическое ожидание количества требований на ЕО для автомобилей заданного АТП

$$\bar{N}_{eo}^c = \frac{1}{D} \sum_{i=1}^D N_{eoi}^c, \quad (2)$$

где D – количество дней наблюдения за работой зоны ЕО; N_{eoi}^c – количество ЕО, проведенных за i -ый день наблюдения.

2. Дисперсия количества ЕО (вероятная степень отклонения)

$$D_{eo} = \frac{1}{D} \sum_{i=1}^D (N_{eoi}^c - \overline{N_{eo}^c})^2. \quad (3)$$

3. Среднее квадратичное отклонение количества ЕО

$$\delta_{eo} = \sqrt{D_{eo}}. \quad (4)$$

4. Коэффициент вариации

$$V = \frac{\delta_{eo}}{N_{eo}^c} \leq 0,25. \quad (5)$$

5. Интенсивность потока требований на ЕО (ЕО/час)

$$\lambda_{eo} = \frac{1}{N_{eo}^c}. \quad (6)$$

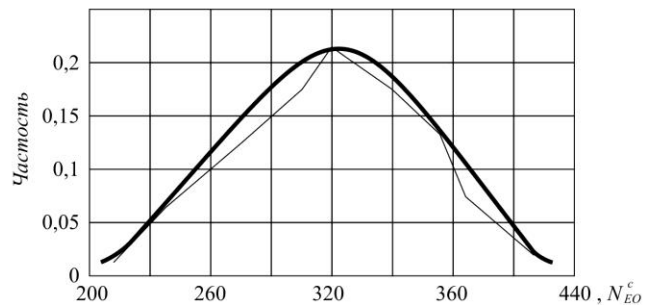
6. По многочисленным натурным экспериментам установлено, что количество требований на ЕО хорошо согласуется с нормальным законом распределения. Плотность распределения

$$f(t) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-a)^2}{2\delta^2}}, \quad (7)$$

где a – математическое ожидание, δ – среднее квадратичное отклонение, $a > 0$, $\delta > 0$, $\delta/a < 0,25$.

Рис. 1. Закон распределения количества требований на ЕО автомобилей

Для решения вопросов по организации ЕО автомобилей необходимо знать не только количество требований на ЕО и закон распределения количества ЕО, но и закон распределения времени поступления автомобилей в зону ЕО. Данные натурных экспериментов и теоретические кривые распределения отрезков времени между последовательными поступлениями автомобилей на ЕО свидетельствуют о хорошем согласовании с экспоненциальным законом распределения.



Во времени интенсивность потока может не оставаться постоянной. Например, интенсивность потока требований на обслуживание автомобилей днем меньшая, чем вечером. Естественно, что и организация обслуживания, которая есть оптимальной при дневной интенсивности потока требований, не будет оптимальной вечером. Поэтому для правильной организации обслуживания необходимо выделять периоды с приблизительно одинаковой интенсивностью потока и решать задания, которые возникают, для каждой группы периодов.

В условиях ОАО (ЗАО) АТП, СТО часто случаются потоки требований с ограниченным последствием. Это означает, что момент появления очередного требования зависит только от того, когда поступило предыдущее, и не зависит от того, как чередовались требования раньше, то есть влияние всего потока на момент появления очередного требования ограничено только последним требованием.

Промежутки времени между последовательными поступлениями требований – величины случайные. Для полного их описания нужно указать не только среднюю длительность промежутков, а и распределение их, то есть определить, как часто они приобретают те или иные числовые значения.

В качестве натурального эксперимента произведено моделирование для одного из ОАО, где в АТП в вечернее время на ЕО поступило 40 автомобилей. Промежутки времени между поступлениями автомобилей, были такие, мин.: 2, 17, 1, 10, 2, 3, 1, 1, 13, 4, 2, 1, 3, 8, 1, 2, 5, 10, 5, 14, 10, 5, 1, 6, 7, 1, 31, 5, 27, 17, 4, 5, 5, 1, 2, 1, 8, 1, 7, 8.

Выбираем трехминутный интервал времени и обозначаем через x_j и x_{j+1} начало и конец j -го интервала ($j=1,2,\dots$). Определяем количество требований, которые припадают на каждый интервал, то есть частоту поступления требований в j -ом интервале (v_j).

Если частоту v_j разделить на длительность интервала времени $(x_{j+1} - x_j)$ и на общее количество заездов, которое равняется 40, то тогда получим относительную случайность в заданном интервале

$$f_j = v_j / [40(x_{j+1} - x_j)]. \quad (8)$$

Результаты расчетов:

Номер интервала	1	2	3	4	5	6	7
Границы интервала, $x_{j+1} - x_j$	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-33
Частота v_j	16	9	6	2	2	2	2
f_j	0,13	0,075	0,05	0,025	0,017	0,017	0,003

Используя эти значения, отложим на оси абсцисс границы интервалов, а на оси ординат – относительные частоты. Построим в этих координатах гистограмму $f^*(x)$ по формуле $f^*(x) = f_j$; $x_j < x < x_{j+1}$ (рис. 2).

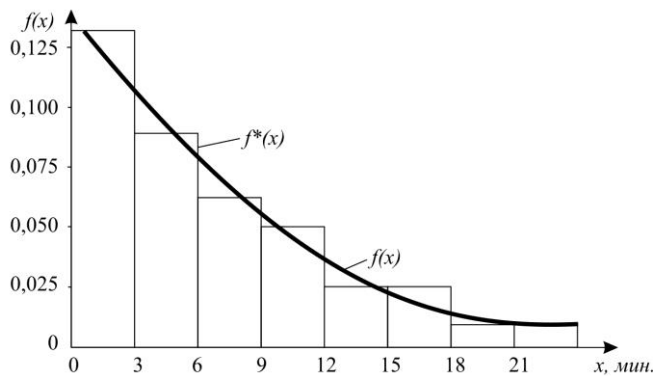


Рис. 2. Гистограмма $f^*(x)$ и плотность распределения $f(x)$ промежутков времени между поступлениями требований на ЕО автомобилей

Построенная гистограмма дает наглядное представление о распределении промежутков времени между поступлениями требований на ЕО. Ступенчатую кривую $f^*(x)$ сгладим непрерывной кривой $f(x)$. При достаточно малом значении Δx площадь $f(x)\Delta x$ равна вероятности того, что время между поступлениями требований лежит в интервале от x до $(x + \Delta x)$.

Функцию $f(x)$ называют плотностью распределения рассматриваемой случайной величины. Она определяет закон распределения, поскольку показывает, с какой вероятностью эта величина принимает те или иные значения. В нашем примере гистограмма $f^*(x)$ хорошо сглаживается экспоненциальной кривой. Это приводит к выводу, что промежутки времени между поступлениями автомобилей (требований) на ЕО имеет экспоненциальное распределение:

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}, \quad (9)$$

где λ — параметр распределения, который равен среднему количеству требований, которые поступают на обслуживание за единицу времени.

В приведенном примере среднее время между поступлениями автомобилей на ЕО равно 6 минутам. Тогда интенсивность потока требований за единицу времени (одну минуту) составит:

$$\lambda = 1 / 6 \quad \text{и} \quad f(x) = 1 \cdot e^{-1/6} / 6. \quad (10)$$

Состояние системы ЕО автомобилей имеет такие характеристики: среднюю длительность обслуживания автомобиля; закон распределения времени обслуживания автомобиля; время ожидания обслуживания; приведенные затраты на техническое обслуживание/

Средняя длительность обслуживания автомобиля представляет собой отношение суммарного времени обслуживания к количеству автомобилей прошедших ЕО

$$\bar{t}_{eo} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k t_{eoi}^c, \quad (11)$$

где k – количество автомобилей прошедших ЕО; t_{eoi}^c – время обслуживания ЕО i -го автомобиля.

Закон распределения времени обслуживания автомобилей определяют по данным статистических наблюдений. Этот закон достаточно полно отражает особенности организации системы обслуживания ЕО автомобилей на конкретном АТП. Часто время обслуживания (ЕО) автомобилей имеет нормальное распределение.

Среднее время ожидания обслуживания дает представление об организации системы обслуживания. Оно определяется по данным статистических наблюдений. Так как ежедневное обслуживание автомобилей является плановым видом обслуживания (не имеет случайного характера событий), то среднее время ожидания на практике приближается к минимальной величине от одной до пяти минут и зависит от метода организации проведения ЕО.

Приведенные затраты на ЕО. При выполнении ЕО приведенные затраты на одно обслуживание зависят от числа постов обслуживания, количества требований на обслуживание и определяются по формуле

$$PC(i) = \frac{C \cdot X_{eo} + m}{1 - P_o}, \quad (12)$$

где $C = 50$ грн. – величина коэффициента затрат на ЕО; m – число заявок, нуждающихся в обслуживании; X_{eo} – число постов ЕО; P_o – вероятность простоя канала.

Величина коэффициента затрат определяется по формуле

$$C = \frac{C_{ПК} + E_H \cdot S_K / T_G}{C_{ПТ} + E_H \cdot S_T / T_G}, \quad (13)$$

где $C_{ПК}$ – средние затраты при простое канала обслуживания в течение часа из-за несвоевременного поступления требования на обслуживание, грн.; $C_{ПТ}$ – средние затраты содержания требования в течение часа, грн.; S_K, S_T – капитальные вложения соответственно на канал обслуживания и требование, грн.; T_G – годовой режим работы системы, ч.

В средние затраты на выполнение требования включены стоимость материалов и стоимость трудозатрат.

Выводы и направление дальнейших исследований. С использованием разработанной методики моделирования объемов технического обслуживания, учитывающих условия эксплуатации и изменение технического состояния подвижного состава, определены оптимальные трудозатраты на ЕО, позволяющие повысить эксплуатационную надежность автомобилей.

Список литературы

1. **Баженов Ю.В.** Прогнозирование остаточного ресурса конструктивных элементов автомобилей в условиях эксплуатации / Ю.В. Баженов, М.Ю. Баженов // *Фундаментальные исследования*. – Пенза, 2015. – № 4 – С. 16-
2. **Бердников И.Е.** Особенности организации процесса мониторинга технического состояния технологических и транспортных машин / И.Е. Бердников, С.П. Озорнин // *Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов: XIV Международная научно-практическая конференция: сб. ст. [в 3ч.] Часть III/ Забайкал. гос. ун-т.* – Чита, 2014. – 317 с. С 125-131.
3. **Булгаков Н.Ф.** Управление качеством профилактики АТС. Моделирование и оптимизация / Н.Ф. Булгаков, Ц.Ц. Бурхив. // – Красноярск : КГТУ, 2002. – 164 с.
4. **Ершов Д. Ю.** Техническое диагностирование и методы контроля механических узлов в машиностроении / Д. Ю. Ершов // Молодой ученый. – 2013. – №4. – С. 62-64.
5. **Зорин В.А.** Основы работоспособности технических систем : Учебник / В.А. Зорин. // – М. : Магистр-Пресс, 2005. – 536 с.
6. **Кравченко В.А.** Обслуживание и ремонт автотранспортных средств / В.А. Кравченко, Р.И. Бутков. // – Зерноград : Азово-Черномор. инж. ин-т, 2015. – 339 с.
7. **Кузнецов Е.С.** Управление техническими системами Учеб. пособие / Е.С. Кузнецов. // – М.: МАДИ (ГТУ), 2003. – 247 с.
8. **Кутузов В.В.** Повышение эффективности эксплуатации строительных и дорожных машин с учетом изменения их технического состояния : дис. кандидата технич. наук / В.В. Кутузов // – Могилев, 2012. – 225 с.
9. **Макарова А.Н.** Методика оперативного корректирования нормативов периодичности технического обслуживания с учетом фактических условий эксплуатации автомобилей : дис. канд. техн. наук / А.Н. Макарова. // – Тюмень, 2015. – 208 с
10. **Озорнин С.П.** Основы работоспособности технических систем: Учеб. пособие / С.П. Озорнин. // – Чита : ЗабГУ, 2012. – 133 с.
11. **Федоськина Л.А.** Предприятия фирменного автосервиса: Назначения и функции сервисной поддержки автомобиля / А.Л. Федоськина, Е.Г. Щербакова, С.И. Ирышков // *Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева*. – Тольятти, 2011. – № 22. – С. 76-82
12. **Чебоксаров А. Н.** Совершенствование технических средств диагностирования двигателей силовых установок и гидроагрегатов дорожно-строительных машин: Дис. канд. техн. наук: от 05.05.04 / А.Н. Чебоксаров. // – Омск, 2011. – 173 с.
13. **Яшура А.И.** Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования : Справочник / А.И. Яшура. // – М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 360 с.
14. **Latino М.А.** BehavioralBasedReliability [Электронный ресурс] / М.А. Latino // 2000 MachineryReliabilityConference. – Электронные текстовые данные. – 2000. – April. – Режим доступа: <http://reliability.com/industry/articles/article36.pdf>
15. **Бусыгин, Е.Н.** Использование сетевых графиков при планировании, подготовке и организации проведения ремонтов / Е.Н. Бусыгин, А.В. Напольских, А.Л. Блеч, А.Н. Рыбаков, Ю.Ю. Ушаков // *Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сборник докладов X междунар. науч.-техн. конф. «Чтения памяти В.Р. Кубачека»/УГТУ.* – Екатеринбург, 2012. – С. 358-362.

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

17. **Фролова Л.В.** Формирование бизнес-модели предприятия [Электронный ресурс]: учебник / Л.В. Фролова, Е.С. Кравченко. Электронные текстовые данные. – Киев: ЦУЛ, 2012. – 384 с. – Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/5429943/>

18. **Озорнин С.П.** Технический сервис мобильных машин: Стратегия ситуационно-комбинированного обслуживания: монография / С.П. Озорнин. – Чита: ЧитГУ, 2004. – 250 с.

19. **Озорнин С.П.** Совершенствование организации мониторинга изменений технического состояния машин в эксплуатации: сб. научн. тр. / С.П. Озорнин, И.Е. Бердников // Вестник ЗабГУ – Чита, 2014. – Вып. 111. – С. 64-69

20. **Макарова А.Н.** Методика оперативного корректирования нормативов периодичности технического обслуживания с учетом фактических условий эксплуатации автомобилей: дис. канд. техн. наук / А.Н. Макарова. – Тюмень, 2015. – 208 с.

21. **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.

Рукопись поступила в редакцию 21.08.2019

УДК 004.67

Д.І. КУЗНЕЦОВ, канд. техн. наук, доц., Л.С. РЯБЧИНА, асист.
Криворізький національний університет

ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА СИСТЕМ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Мета. Метою роботи є аналіз існуючих методів та засобів передачі інформації у системах Інтернету речей та їх подальше удосконалення та стандартизація з точки зору безпеки. Зокрема використання гетерогенних пристроїв не дає можливості коректно протистояти кіберзагрозам, так як це пов'язано із тим, що архітектура Інтернету речей має складну будову, не є універсальною та потребує вивчення і удосконалення. Аналіз безпеки в IoT є важливим, так як кінцеві суб'єкти мають довіряти технології. Унікальність полягає в тому, що повинні відбуватися автентифікація, авторизація кінцевого обладнання, зберігання та обробка інформації, в тому числі і конфіденційної та критично важливою.

Методи досліджень. Під час вирішення наукової задачі було використано методи теоретичного дослідження, аналізу та синтезу.

Наукова новизна. Науковою новизною роботи є систематизація існуючих моделей та алгоритмів взаємодії вузлів мережі Інтернету речей та розробка концепції централізованого доступу до мережі Інтернет з підвищеними вимогами безпеки, що дозволяє вдосконалити процес автентифікації, авторизації та аудиту вузлів IoT.

Практична значимість. Використання отриманих результатів дає більш точну оцінку щодо існуючих методів та засобів у мережах типу Інтернет речей та дозволяє підвищити криптостійкість процесу обміну даними у вищезазначених системах. Досліджено основні ризики, яким може піддаватися мережа і сплановано засоби забезпечення безпеки, починаючи з проектування та закінчуючи інтеграцією всієї системи.

Результати. У статті розглянуто основні проблеми безпеки систем Інтернет речей та запропоновано рекомендації для зниження ризиків втрати і компрометування інформації, що обробляються вищезазначеними системами. Додатково було розглянуто основні поняття технології Інтернету речей, досліджено архітектуру та основні компоненти IoT. Приведено характеристики складових елементів. Також наведено рекомендації щодо управління цілісністю системи та шифрування конфіденційних даних з метою протидії їх компрометування.

Ключові слова: інтернет речей, інформаційна безпека, кібербезпека, автентифікація, авторизація, криптостійкість.

doi: 10.31721/2306-5451-2019-1-49-80-84

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. На сьогоднішній день системи інтелектуального керування отримали достатньо широке розповсюдження у всіх сферах людського життя, від побуту до промисловості. Зважаючи на це збільшується й об'єм інформації у мережах передачі даних. Поряд із цим такі системи керування розвиваються доволі хаотично й не мають загальної стандартизації та їх розробники ще не приділяють багато уваги методам та способам захисту. Інформаційні системи типу IoT все ще мають