

## СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТА ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

**Введение.** Надёжность — это свойство выбранного объекта на протяжении определенного времени и в ограниченных пределах сохранять исходные параметры, заложенные для выполнения необходимых действий в соответствующих режимах и условиях применения, технического обеспечения, хранения и транспортирования. В свою очередь, ленточный конвейер, как любой объект, обладает некой надёжностью. Так как ленточный конвейер представляет собой сложную техническую систему из механических и электромеханических устройств, узлов и деталей, то и общая надёжность конвейера напрямую зависит от надёжности каждого отдельного элемента.

**Основная часть.** При стандартных условиях разработки конвейера его структурную схему можно представить в виде последовательного соединения его основных элементов привода (ПР), ленты (Л), става (СТ), устройства для загрузки транспортируемого материала (ЗУ), устройства для обеспечения необходимого натяжения ленты (НУ) и систем автоматизации (АВ) (рисунок 1).

Основной особенностью данной схемы является то, что при отказе любого элемента системы в большинстве случаев, это соответствует отказу всей системы. При этом вероятность безотказной работы равна произведению вероятностей безотказной работы элементов. В свою очередь, при описании надёжности отдельного элемента ленточного конвейера используем структурную модель для отдельного элемента (рисунок 2).

Отдельно взятый элемент ленточного конвейера будем рассматривать как динамический блок. На входе данного блока мы имеем входные надёжностные процессы (НПВ)  $X_{ij}(t)$  с  $i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) видами входного воздействия;  $j$  — номер элемента конвейера. Надёжностное состояние блока характеризуется параметром  $a_j$ , который имеет свойство изменяться в зависимости от внешних и внутренних условий и воздействий, тем самым образуя во времени надёжностный процесс в блоке (НПБ)  $a_j(t)$ .

Надёжностное состояние элемента и надёжностное состояние его входа определяют влияние данного блока на работоспособность всего конвейера, а в некоторых случаях и на отдельные его элементы. Это влияние оказывает выходная характеристика блока  $Y_j(t)$  — надёжностный процесс (НП). При этом существует некоторый надёжностный оператор (НО)  $G_j$ , формирующий значение  $Y_j(t)$  в зависимости от  $X_{ij}(t)$  и  $a_j(t)$ . Значение  $Y_j(t)$  может определяться как значениями от  $X_{ij}$  и  $a_j$  в момент времени  $t$ , так и их значениями в некоторые предшествующие моменты времени, а также значениями самой величины  $Y_j$  в некоторые предшествующие моменты времени.

Поскольку надёжностные процессы зачастую показывают изменения работоспособности элементов, считаем, что надёжностное состояние любых рассматриваемых объектов может принимать только значения «работоспособен» или «неработоспособен». Это позволит в дальнейшем величины  $X_{ij}$ ,  $a_j$  и  $Y_j$  представить как булевы переменные, принимающие значение 0 или 1 [1]. Операторы  $G_j$  являются двоичными операторами, а процессы  $X_{ij}(t)$ ,  $a_j(t)$  и  $Y_j(t)$  — переключаемыми процессами, представляющими собой последовательность прямоугольных импульсов единичной высоты, перемежающихся паузами-интервалами нулевых значений процесса.

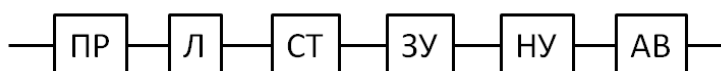


Рисунок 1 — Структурная схема надёжности ленточного конвейера при последовательном соединении его элементов

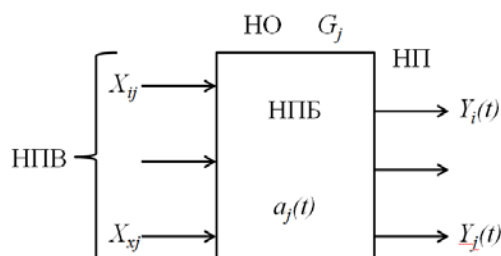


Рисунок 2 — Структурная модель надёжности  $j$ -го элемента ленточного конвейера

Характер процессов переключения  $X_{ij}(t)$ ,  $a_j(t)$  и  $Y_j(t)$ , а также надежного оператора  $G(x, a)$  зависит от свойств конкретных элементов конвейера и режимов их эксплуатации. Временной график работы элемента, представленный в виде последовательности импульсов единичной высоты, является одним из входных процессов в надежной модели данного элемента. Однако это имеет место, если расходование ресурса рассматриваемого элемента определяется не календарным временем его эксплуатации, а чистым временем его работы или смежного оборудования. Если условно считать замену невосстанавливаемого элемента ленточного конвейера разновидностью восстановительной операции, то применительно ко многим элементам деление на восстанавливаемые и невосстанавливаемые не имеет практического значения. Но наличие или отсутствие резервных элементов влияет на выходной процесс  $Y(t)$  и порядок восстановления: предупредительное или аварийное, планируемое или нет, который не может не повлиять на процесс в блоке элемента  $a_j(t)$ . Планово-предупредительные обслуживающие воздействия являются одним из входных процессов в надежной схеме элемента.

Существенным эксплуатационным свойством, присутствующим в определенной степени большинству элементов ленточных конвейеров, является наличие резерва времени между отказом элемента и отказом конвейера из-за отказа этого элемента. В этом случае отказ элемента в течение определенного периода времени является неисправностью конвейера в целом, но не его отказом. Резерв времени может быть ограничен фиксированным значением либо может позволять отложить устранение отказа элемента до ближайшего простоя конвейера по организационным причинам или до ближайшей ремонтной смены, либо даже до ближайшего планового технического обслуживания или ремонта данного элемента конвейера [2].

**Заключение.** Используя структурную модель надежности отдельного выбранного элемента ленточного конвейера, мы имеем возможность отслеживать процессы, происходящие во время работы, анализировать их воздействие на другие элементы и, соответственно, конвейер в целом. При этом есть смысл при усовершенствовании конструкций элементов ленточного конвейера стремиться к максимально возможному обеспечению резерва времени при отказе отдельного элемента, чтобы тем самым с минимальными затратами повысить надежность всей системы в целом.

#### Список цитируемых источников

1. Галкин, В. И. Методы расчета и оценки показателей надежности ленточных конвейеров горных предприятий : дис. ... д-ра техн. наук / В. И. Галкин. — М., 2000. — 454 л.
2. Захаров, Ю. Н. Ленточные конвейеры горной промышленности: исследования и проектирование : монография / Ю. Н. Захаров. — Гродно : ГГАУ, 2013. — 417 с.

УДК 621.316.728

**В. П. Василевич**, кандидат технических наук, профессор, **Е. К. Дятлов**, **В. З. Нгуен**

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Минск

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АККУМУЛЯТОРНО-ЕМКОСТНОГО НАКОПЛЕНИЯ В ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

**Введение.** Использование как фотоэнергетики, так и альтернативной энергетики является одним из инновационных направлений энергетики. Планируется, что к 2040 году солнечные и ветряные генераторы будут составлять около 40 % всех электростанций мира [1]. На сегодня стоит вопрос о разработке как мобильных решений (управление дроном), так и масштабных солнечных электростанций.

Фотоэлектрическая система состоит из нескольких устройств: солнечная панель, регулятор отбора мощности, аккумулятор и инвертор. Каждое из этих устройств представляет отдельную систему передачи и преобразования электроэнергии, которые соединены между собой. В данной работе описывается аккумулятор, основанный на литий-ионной батарее и суперконденсаторе (ионисторе), а также на алгоритме аккумуляторно-емкостного накопления.

**Основная часть.** В области фотоэлектрических систем одним из основных вопросов является способ аккумуляции энергии. Одним из популярных методов аккумуляции является использование литий-ионных и литий-полевых аккумуляторов.

Современные литий-ионные аккумуляторы имеют при себе высокие удельные характеристики: 100—180 Втч / кг и 250—400 Втч / л [2]. Их номинальное напряжение — 3,7 вольта, а максимальное — 4,2 вольта. Производители данных аккумуляторов могут выпускать решения до сотен ампер-часов, а их рабочие температуры находятся в интервале от  $-40$  °С, до  $+60$  °С. Саморазряд данных батарей составляет 4—6 % за первый месяц, затем намного меньше: за год использования аккумуляторы теряют 10—20 % запасенной емкости, а их ресурс составляет приблизительно 1 000 циклов.