

Литература

1. Terreault, B. High fluence retention of gas in materials: a review / B. Terreault // *Physica status solidus (a)*. – 2007. – Vol. 204, № 7. – P. 2129–2146.
2. Bruel, M. Silicon on insulator material technology / M. Bruel // *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*. – 1996. – Vol. 108, № 3. – P. 313–319.
3. Исследование структурных свойств тонких пленок, полученных методом ионной имплантации / А. В. Францкевич, Э. И. Рау, Р. А. Сеннов [и др.] // *Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования*. – 2004. – № 3. – С. 52–56.
4. Structural and optical properties of ion-implanted silicon layers / A. V. Frantskevich, A. M. Saad, N. V. Frantskevich [и др.] // *Vacuum*. – 2009. – № 1. – P. 103–106.
5. Electrical properties of modified silicon structures / N. V. Frantskevich, A. K. Fedotov, A. V. Frantskevich [и др.] // *Acta Physica Polonica A*. – 2014. – Vol. 125, № 5. – P. 1332–1334.

УДК 62-233.3/9

ОСОБЕННОСТИ ИЗНОСА ПЛАСТИКОВЫХ ДЕТЕЛЕЙ В ПОЛИГРАФИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ

Шевель Н. А.¹, Бурак В. А.²

¹РУП Издательство «Белорусский Дом Печати»

²Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Аннотация. В работе рассматриваются особенности износа пластиковых зубчатых передач и иных деталей из полимеров, применяемых в различном полиграфическом оборудовании. Указаны ключевые механизмы разрушения пластиковых деталей при эксплуатации в цифровых и офсетных печатных машинах, а также влияние материала и конструкции на долговечность. Проведен сравнительный анализ полимеров, выявлены наиболее стойкие материалы и предложены практические рекомендации для повышения надежности оборудования.

Ключевые слова: полиграфическое оборудование, пластиковые зубчатые передачи, износ, долговечность, полимеры.

SPECIFIC FEATURES OF WEAR OF PLASTIC GEARS IN PRINTING EQUIPMENT

Shevel N. A.¹, Burak V. A.²

¹Republican unitary enterprise «PUBLISHING HOUSE «Belarusian Printing House»

²Belarusian National Technical University

Minsk, Belarus

Abstract. The paper examines the specific features of wear of plastic gears and other details used in printing equipment. The key mechanisms of failure under operating conditions in digital and offset printing machines are presented, along with the influence of material properties and design parameters on durability. A comparative analysis of polymers was carried out, the most resistant materials were identified, and practical recommendations were proposed to improve the reliability of the equipment.

Keywords: printing equipment, plastic gear transmissions, wear, durability, polymers

Адрес для переписки: Шевель Н. А., Независимости 79/1, г. Минск 220005, Республика Беларусь
e-mail: shevel48@gmail.com

В последние десятилетия в машиностроении и приборостроении, в частности в полиграфической отрасли, все более широко применяются пластиковые материалы. Их использование связано не только с удешевлением и упрощением конструкции, но и с возможностями современных технологий – литья под давлением, экструзии и 3D-печати. Применение пластиков в зубчатых передачах печатных машин позволяет существенно снизить массу узлов, повысить технологичность их производства, уменьшить шум и вибрацию в процессе работы. Однако эксплуатация полимерных материалов сопряжена с целым комплексом факторов риска: они подвержены термодеструкции, усталостным процессам, химической деградаци и деформациям при длительной нагрузке. Все вышеперечисленные аспекты ограничивают срок службы

оборудования и требует научного анализа для поиска оптимальных материалов, технологий и создания режимов работы оборудования, обеспечивающих долговечность и хорошие эксплуатационные характеристики.

В современных условиях в полиграфии на всех направлениях наблюдается устойчивая тенденция к увеличению доли цифровых печатных машин, в конструкции которых пластиковые детали играют ключевую роль. Цифровые печатные машины представляют собой оборудование, предназначенное для непосредственной передачи изображения с цифрового файла на запечатываемый материал без промежуточных формных процессов. Одновременно сохраняется высокая нагрузка на офсетные комплексы, предназначенные для печати больших тиражей, в которых пластики также применяются – особенно в транспортных и пневматических

системах. В условиях роста стоимости сервисного обслуживания и необходимости продления ресурса оборудования задача оценки долговечности пластиковых передач становится приоритетной. А решение этой задачи неотъемлемо связано с изучением особенностей износа и факторов, положительно и негативно влияющих на это явление.

Для правильного и корректного выполнения поставленной задачи исследования особенностей износа пластиковых элементов конструкций оборудования в полиграфии необходимо выполнить следующее:

- провести анализ эксплуатационных условий работы пластиковых передач в различных типах оборудования, на примере применяемого в издательстве;

- классифицировать механизмы износа (абразивный, усталостный, химический, термодеструкция);

- проанализировать существующие методики расчета ресурса и адаптировать их к особенностям применяемых в полиграфии полимеров;

- оценить преимущества и недостатки различных видов пластика (ABS, HIPS, PETG, полиамиды), применяемых рассматриваемом в оборудовании.

Методическая основа включала использование как эмпирических наблюдений, так и теоретических моделей. Для расчета напряжений в основании зуба применялась формула Льюиса. Для анализа усталостной долговечности использовался закон Баскена, позволяющий определить количество циклов до отказа при переменных нагрузках. Для учета накопления повреждений применялось правило Пальмгрена–Майнера. В случаях химической деградации, характерных для деталей проявочных процессоров, использовалась модель Аррениуса, описывающая температурно-ускоренное старение полимера. Для деталей транспортных систем использовался закон Арчарда, позволяющий количественно оценить скорость изнашивания в зависимости от нагрузки и твердости материала.

Исследование показало, что условия работы пластиковых передач существенно различаются в цифровых и офсетных машинах.

В цифровых машинах основными факторами, ускоряющими износ пластиковых деталей являются:

- высокая температура в зоне закрепления тонера (до 120–130 °C);

- значительные скорости вращения и циклические нагрузки;

- контакт пластик–металл в передачах. например таких, как привод и транспортировочный вал, приводящий к «слизыванию» зубьев пластикового зубчатого колеса;

- термическое старение и потеря геометрической стабильности вследствие воздействия температур.

В офсетных машинах как факторы, приводящие к износу пластиковых узлов и передач доминируют:

- вибрационные и ударные нагрузки различного происхождения;

- усталостные трещины в основании зубьев вследствие воздействия перепадов температуры и вибрации;

- износ посадочных мест и выкрашивание профиля, например, пластиковые посадочные втулки для металлических сердечников при их контакте.

Сравнительный анализ материалов показал, что PETG имеет более высокую стойкость к термодеструкции и усталостным процессам по сравнению с ABS и HIPS. Композиционные материалы с армированием волокнами демонстрируют наибольший потенциал для повышения ресурса использования пластмассовых деталей в передачах оборудования.

Результаты исследования позволяют утверждать, что грамотный выбор материала и использование аддитивных технологий существенно продлевают ресурс пластиковых узлов и, как следствие, увеличивают срок эксплуатации узлов печатного оборудования. Применение расчетных методик обеспечивает возможность прогнозирования времени до отказа, что особенно важно при планировании сервисного обслуживания. При работе на печатном оборудовании это означает снижение вероятности внезапных поломок, соответственно, сокращение простоев и уменьшение эксплуатационных затрат.

Кроме того, результаты работы открывают перспективы внедрения систем диагностики, дефектоскопии и структуроскопии для контроля состояния пластиковых деталей. Использование магнитных, акустических и оптических методов позволяет отслеживать процесс старения и предсказывать момент выхода из строя.

Таким образом, было подтверждено, что эффективность применения пластиковых зубчатых передач определяется не только их экономичностью, но и устойчивостью к комплексному воздействию механических, термических и химических факторов. Для повышения долговечности необходимо сочетание инженерных решений (оптимизация конструкции, правильное сопряжение поверхностей) и материаловедческих подходов (подбор термостойких и композиционных полимеров).

Перспективным направлением является интеграция расчетных моделей остаточного ресурса с системами мониторинга состояния печатного оборудования. Такой подход позволит перейти от планово-предупредительного ремонта к адаптивному сервису, что значительно повысит надежность полиграфических комплексов и обеспечит устойчивое развитие отрасли, обеспечив при этом более высокую экономичность печатных услуг.

Литература

1. The regional nanosatellite constellation modelling formation by a piggyback launch from different spaceports / A. A. Spiridonov [et al.] // Journal of the Belarusian State University. Physics. – 2022. – № 2. – P. 50–59.

2. Cappelletti, C. Cubesat Handbook / C. Cappelletti. – Academic Press, 2021. – 461 p.

3. Разработка системы атмосферных зондов для организации клиентско-серверной связи / Е. Д. Юшкевич [и др.] // Компьютерные технологии и анализ данных: материалы конференции. – Мн.: БГУ, 2024. – С. 129–132.

4. Разработка система приема сигнала для организации трассы оптической связи в условиях атмосферы / Е.Д. Юшкевич [и др.] // RusNanoSat-2023: сборник тезисов. – Самара: Издательство Самарского университета, 2023. – С. 177–179.

УДК 629.7.02

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАЗВЕРТЫВАНИЯ ГРУППИРОВКИ СВЕРХМАЛЫХ АТМОСФЕРНЫХ ЗОНДОВ

Юшкевич Е. Д., Кураков И. А., Бореико Д. А., Ильюшенко А. С., Шкурская Ю. А., Баранова В. С., Спиридонов А. А., Ушаков Д. В., Саечников В. А.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Аннотация. Представлены концепция и практическая реализация системы развертывания группировки атмосферных зондов. Рассматриваются конструктивные особенности зондов, их технические параметры и реализованные алгоритмы функционирования. Актуальность проведенных разработок определяется возрастающей значимостью создания экономичных и адаптивных спутниковых систем.

Ключевые слова: группировка атмосферных зондов, аппарат-деплойер.

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE AND HARDWARE METHOD FOR DEPLOYING A GROUP OF ULTRA-SMALL ATMOSPHERIC PROBES

Yushkevich E. D., Kurakov I. A., Boreiko D. A., Ilyushenko A. S., Shkurskaya Y. A., Baranova V. S., Spiridonov A. A., Ushakov D. V., Saechnikov V. A.

Belarusian State University, Minsk, Belarus

Abstract. The developed concept and practical implementation of the system for deploying a constellation of atmospheric sounders are presented. The paper examines the design features of the sounders, their technical parameters, and the implemented operating algorithms. The relevance of the research is determined by the increasing importance of creating cost-effective and adaptive satellite systems.

Keywords: atmospheric probe grouping, deployer apparatus.

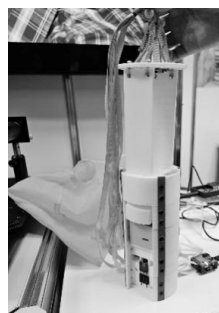
Адрес для переписки: Кураков И. А., ул. Радужная 10, г. Минск 220020, Республика Беларусь
e-mail: rct.kurakov@bsu.by

Введение. Использование спутниковых группировок в настоящее время является одной из ведущих тенденций в развитии космических систем [1]. Разработаны система отстыковки и конструкции аппаратов для развертывания краткосрочной группировки атмосферных зондов, использование которых может быть расширено для исследования широкого спектра задач мониторинга и связи

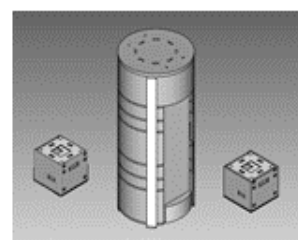
Конструкция и компоновка электроники системы выбрасывания аппарата-деплойера.

Конструкция аппарата-деплойера, а также общий вид представлены на рисунке 1 (а, б). Корпус аппарата-деплойера представляет собой цилиндр с диаметральной размерами в 80 мм и высотой 189 мм. Конструкция аппарата-деплойера разработана в виде легкосборного корпуса, состоящего из нескольких прямоугольных панелей с соединительными пазами для крепежа. Как можно увидеть из рисунка 2, структура деплойера модульная, то есть отсеки под расположение полезной нагрузки в виде сверхмалых зондов, систем отстыковки и бортовой электроники – находятся раздельно. В верхней части деплойера располагается отсек для

бортовой электроники, а два выпускаемых зонда располагаются друг над другом в нижней части.



а



б

Рисунок 1 – Конструкция аппаратов укомплектованный аппарат-деплойер (а), общий вид аппаратов (б)

В качестве выпускаемых аппаратов выступают два сверхмалых атмосферных зонда, формата PocketCube [2] (MiniSat).

Конструкция системы развертывания аппарата-деплойера разработана для реализации безопасной и контролируемой отстыковки аппаратов