

Кавиев Марат Ильдарович,
преподаватель кафедры общепрофессиональных дисциплин,
Пермский военный институт войск национальной
гвардии Российской Федерации,

ЧЕРВЯЧНЫЕ ПЕРЕДАЧИ В ВОЕННОЙ ТЕХНИКЕ: ПРИНЦИПЫ, ПРИМЕНЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Аннотация. В данной статье рассматривается роль червячных передач в современной военной технике. Анализируются их принципы работы и ключевые конструктивные особенности, определяющие выбор данного типа передач для специфических военных применений. Подробно освещаются основные области применения червячных передач в различных видах военной техники.

Ключевые слова: Червячная передача, военная техника, редуктор, самоторможение, наведение вооружения, оптические приводы, надежность, точность, КПД.

Современная военная техника представляет собой сложный комплекс систем, где критически важными являются высокая точность позиционирования, исключительная надежность, способность работать в экстремальных условиях и максимальная компактность. Среди множества механических передач, используемых для решения этих задач, червячные передачи (ЧП) занимают особое место. Их уникальные характеристики делают их незаменимыми для целого ряда специализированных применений, где традиционные зубчатые или ременные передачи не могут обеспечить требуемых параметров [1].

Целью данной научной статьи является всесторонний анализ применения червячных передач в военной технике. Будут рассмотрены основные принципы их работы, выявлены ключевые преимущества и недостатки с точки зрения военного применения, приведены конкретные примеры использования, а также проанализированы современные требования к их эксплуатации и потенциальные пути дальнейшего совершенствования.

Червячная передача – это механизм, предназначенный для передачи вращательного движения между скрещивающимися валами, чаще всего под углом 90 градусов. Основными элементами являются, червяк представляющий собой винт с одним или несколькими витками (заходами), нарезаемыми на цилиндрической или глобоидной поверхности и червячное колесо [2], то есть зубчатое колесо с особым профилем зубьев, сопрягаемым с профилем червяка. Обычно они изготавливаются из материалов, обладающих хорошими антифрикционными свойствами (например, бронза) для уменьшения износа [3].

Передача крутящего момента осуществляется за счет скольжения витков червяка по зубьям червячного колеса. Это обуславливает специфические характеристики ЧП.

Из преимуществ можно отметить самоторможение. Это фундаментальное достоинство для военной техники. Механизмы наведения артиллерийских орудий [4] башен танков, пусковых установок должны сохранять заданное положение даже при отключении привода, воздействии отдачи, колебаний или изменении угла наклона платформы. Самотормозящая червячная передача обеспечивает эту функцию без дополнительных тормозных устройств, значительно упрощая конструкцию и повышая надежность системы. Высокая точность позиционирования. Плавность зацепления и возможность обеспечения высоких передаточных чисел способствуют высокой точности углового позиционирования, что критически важно для систем управления огнем, оптических прицелов и радиолокационных станций. Отсутствие люфтов при грамотном проектировании минимизирует ошибки наведения. Компактность и



высокая удельная мощность. Способность получить большое передаточное число в одной ступени позволяет создавать легкие и компактные редукторы. В условиях дефицита внутреннего объема боевых машин это является существенным фактором.

Из недостатков можно назвать низкий коэффициент полезного действия (КПД). Основной недостаток ЧП, обусловленный значительными потерями на трение скольжения. КПД обычно составляет 0,6-0,9, что ниже, чем у зубчатых передач. В военной технике это приводит к повышенному расходу энергии, генерации тепла и, как следствие, к возможному увеличению тепловой сигнатуры. Повышенный износ, за счет интенсивного трения скольжения между червяком (обычно из стали) и червячным колесом (как правило, из бронзы) приводит к относительно быстрому износу. Это требует использования высококачественных материалов, точной обработки, эффективных систем смазки и тщательного обслуживания, что может быть затруднительно в полевых условиях, а также теплорасчет, из-за низкого КПД. Для мощных приводов может потребоваться принудительное охлаждение.

Червячные передачи находят широкое применение в различных системах военной техники, где их уникальные свойства оказываются критически важными.

Пожалуй, наиболее значимая область применения это системы наведения и управления огнем. Приводы поворота башен танков и БМП [5]. ЧП используются для точного и плавного горизонтального наведения (по азимуту). Самоторможение обеспечивает надежную фиксацию башни при движении, стрельбе и на неровной местности, предотвращая ее смещение под действием инерции или отдачи.

Приводы вертикального наведения артиллерийских орудий (углы возвышения): Позволяют точно устанавливать и удерживать ствол в заданном углу, компенсируя его собственный вес и инерционные силы. Пусковые установки ракетных комплексов: ЧП обеспечивают высокоточное позиционирование пусковых контейнеров по азимуту и углу места для прицельного пуска ракет. Радиолокационные станции (РЛС): Приводы вращения антенн РЛС часто используют ЧП для обеспечения плавного, точного и стабильного сканирования пространства, а также для удержания антенны в заданном положении. Часто применяются в приводах оптических и наблюдательных приборов, таких как перископы, прицелы, тепловизоры. Высокая точность и плавность хода ЧП позволяют оператору или системе наведения осуществлять микроскопически точное изменение угла обзора или наведения, что критично для идентификации целей и прицеливания. Вспомогательные и специальные механизмы:

- Механизмы заряжания артиллерийских систем и танковых орудий: ЧП могут применяться для точного и надежного перемещения тяжелых снарядов и зарядов из боеукладки к казенной части орудия. Самоторможение исключает самопроизвольное движение.

- Приводы люков, рамп и трапов: Обеспечивают плавное и безопасное открывание/закрывание тяжелых элементов бронетехники или военно-транспортных самолетов.

- Робототехнические комплексы: В приводах манипуляторов, систем позиционирования датчиков и ходовых частей роботов-саперов или разведывательных роботов, где важны точность, компактность и способность удерживать нагрузку.

- Специальная инженерная техника: В приводах подъемных устройств, стрел кранов [6], экскаваторов, мостоукладчиков, где необходима точная фиксация положения тяжелых рабочих органов.

Внедрение и эксплуатация червячных передач в военной технике сопряжены с рядом специфических требований и вызовов:



- **Исключительная надежность и живучесть:** Отказ в бою недопустим. ЧП должны выдерживать ударные нагрузки, вибрации, перегрузки, характерные для боевых действий. Это требует применения высокопрочных легированных сталей для червяка и специальных высокоооловянистых бронз для колеса.

- **Работоспособность в экстремальных условиях:** Функционирование при температурах от -50°C до $+60^{\circ}\text{C}$, в условиях высокой влажности, запыленности, воздействия песка, грязи и воды. Это обуславливает жесткие требования к герметизации, защитным покрытиям и диапазону рабочих температур смазочных материалов.

- **Низкая тепловая сигнатура:** Выделение тепла является демаскирующим фактором. Разработка ЧП с повышенным КПД, эффективными системами охлаждения и использованием малотепловыделяющих материалов является актуальной задачей.

- **Устойчивость к абразивному износу:** Попадание абразивных частиц в зону зацепления резко ускоряет износ. Требуются герметичные корпуса и специальные решения для защиты.

- **Минимальное техническое обслуживание:** В полевых условиях возможности для регулярного обслуживания ограничены. Необходимы ЧП с увеличенным межремонтным ресурсом и, по возможности, необслуживаемые конструкции.

- **Высокая точность изготовления:** Допуски на изготовление элементов ЧП для военной техники значительно жестче, чем для гражданских аналогов, с целью минимизации люфтов и обеспечения максимальной точности позиционирования.

Несмотря на существующие вызовы, червячные передачи продолжают активно развиваться, предлагая новые решения для военной техники:

- **Новые материалы и покрытия:** Исследования в области высокопрочных композитов, керамических материалов, а также разработка износостойких и антифрикционных покрытий (например, DLC-покрытия) для червяков и червячных колес, направленные на повышение КПД, снижение износа и тепловыделения.

- **Оптимизация геометрии зацепления:** Разработка новых профилей червяков и зубьев колес (например, глобоидные передачи с улучшенным контактом), позволяющих увеличить пятно контакта, снизить удельные давления и, как следствие, повысить несущую способность, КПД и долговечность.

- **Высокоэффективные смазочные материалы:** Разработка синтетических масел с расширенным диапазоном рабочих температур, нанодобавками и улучшенными трибологическими свойствами, способствующих снижению трения и износа.

- **Интеллектуальные системы мониторинга:** Интеграция датчиков износа, температуры и вибрации с бортовыми информационными системами для предиктивной диагностики состояния ЧП, что позволит своевременно проводить обслуживание и предотвращать отказы.

- **Гибридные и электромеханические приводы:** Включение ЧП в состав сложных гибридных систем, где электропривод может компенсировать низкий КПД ЧП в определенных режимах, а сама передача будет отвечать за точное позиционирование и удержание.

- **Шумогосащие - и виброгасящие конструкции:** Разработка специальных корпусов, демпфирующих элементов и использование акустически оптимизированных материалов для снижения демаскирующего шума.

В заключении хочется отметить, что червячные передачи играют ключевую роль в современной военной технике, обеспечивая критически важные функции, такие как точное наведение, надежная фиксация положения и компактность приводов. Их уникальное свойство самоторможения, в сочетании с высоким передаточным числом и плавностью хода, делает их незаменимыми для широкого спектра боевых и вспомогательных систем – от тяжелой бронетехники до высокоточных оптико-электронных комплексов и робототехники. Несмотря на ряд недостатков, такие как, относительно низкий КПД и повышенный износ, постоянное



совершенствование материалов, технологий изготовления и смазочных материалов позволяет эффективно преодолевать эти ограничения. Дальнейшие исследования в области оптимизации геометрии, применения новых покрытий и интеграции с интеллектуальными системами управления открывают новые перспективы для повышения эффективности, надежности и скрытности червячных передач, подтверждая их актуальность и стратегическое значение в контексте развития военной техники будущего.

Список литературы:

1. Решетов Д. Н., Скойбеда А. Т. Детали машин: учебник для вузов. – 4-е изд., стер. – М.: Машиностроение, 2005. – 672 с.
2. Иванов М. Н., Синельников А. В. Детали машин: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1998. – 408 с.
3. Кудрявцев В. Н. Детали машин: учебник. – М.: Машиностроение, 1980. – 464 с.
4. Биргер И. А., Шорр Б. Ф., Иосилевич Г. Б. Расчет на прочность деталей машин: Справочник. – М.: Машиностроение, 1993. – 640 с.
5. Танки и БМП: история и современность. – М.: АСТ, 2005. (Различные разделы о трансмиссиях и механизмах наведения).
6. Степин Л. А. Элементы трансмиссий боевых машин: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 216 с.

