

УДК 621.861:621.833

## ПОДЪЕМНО-ТЯГОВЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС

С.Д. МАКАРЕВИЧ, М.Е. ЛУСТЕНКОВ

(МО УМЧС, Могилевский государственный технический университет)

*Рассмотрены конструкции подъемно-тяговых устройств, созданных на базе планетарного прецессионного зацепления. Приведен алгоритм проектирования ручных талей с небольшими массогабаритными показателями и высокой нагрузочной способностью для аварийно-спасательных подразделений МЧС.*

**Введение.** Подъемно-тяговые устройства широко используются аварийно-спасательными подразделениями (АСП) при различных авариях (автоавариях, разборках завалов, разрушений и т.п.), а также при ликвидации последствий аварий в местах, где ограничен доступ аварийно-спасательных автомобилей и другой специальной автотехники. Очевидно, что существует необходимость в создании подъемно-тягового устройства для нужд АСП МЧС с низкими массогабаритными показателями и высокой нагрузочной способностью. В работе [1] приводятся сведения о разработке ручной лебедки массой 3 кг, диаметром барабана 90 мм и грузоподъемностью 5 кН на базе планетарной передачи с квазизвольвентным внутренним зацеплением сателлита. Однако детали этой лебедки сложны в изготовлении и требуют применения специальной оснастки и инструмента. При использовании ручной тали на базе планетарной прецессионной передачи в конструкциях подъемно-тяговых устройств массогабаритные параметры данных устройств в 1,5...2 раза меньше, чем данные параметры подъемно-тяговых устройств, изготовленных на базе известных механических передач (например, червячных).

Именно поэтому в качестве базового зацепления для создания ручной тали грузоподъемностью 500 кг выбрано прецессионное зацепление, которое позволяет достигать больших передаточных отношений при минимальных массогабаритных показателях. При этом для изготовления деталей передачи не требуются дорогостоящие цветные металлы, в частности оловянистые бронзы.

Разработка подъемно-тяговых устройств проводится в лаборатории по прецессионным передачам МГТУ под руководством зав. кафедрой «Теоретическая механика» МГТУ, к.т.н., доцента Д.М. Макаревича и д.т.н., профессора П.Н. Громыко. По тематике данных исследований имеются десятки публикаций, структурные варианты подъемно-тяговых устройств, а также прецессионного зацепления защищены патентами Российской Федерации и Республики Беларусь [2 – 4].

**Разработка конструкций лебедок.** Планетарная прецессионная передача [2] – это принципиально новая механическая передача, основанная на прецессионном взаимодействии неподвижного и подвижного звеньев планетарного механизма. Прецессионная передача относится к классу эксцентриковых передач, которые, как известно, имеют минимальные массогабаритные показатели из всех широко применяемых передач, у нее относительно высокий КПД (достигается благодаря оригинальному расположению взаимодействующих элементов по отношению к ведущему и ведомому валам передачи и зубчатых венцов, находящихся на цилиндрической поверхности промежуточного колеса на строго определенном расстоянии, что позволяет избежать контакта взаимодействующих звеньев в те моменты, когда осуществляется колебательное движение, при котором относительные проскальзывания данных звеньев имеют максимальные значения).

Многopарность зацепления прецессионной передачи обеспечивает возможность редуцирования значительных крутящих моментов. КПД прецессионной передачи находится в пределах 90...92 % при передаточных отношениях от 10 до 100, в то время как КПД аналогичных широко применяемых в странах ближнего и дальнего зарубежья передач при передаточном отношении 40 не превышает 85 %.

Также имеется возможность использования стандартного эвольвентного зубчатого профиля для работы в прецессионном зацеплении, что создает условия для изготовления прецессионных зубчатых профилей на обычном зуборезном оборудовании без применения спецоснастки [5], что позволяет освоить изготовление данных подъемно-тяговых устройств практически на любом заводе Беларуси, имеющем механообрабатывающее производство.

Накоплен уже достаточно большой опыт создания подъемно-тяговых устройств на базе планетарной прецессионной передачи. К настоящему времени было создано около пяти вариантов ручных лебедок и талей различной грузоподъемности и внешнего оформления. Основным преимуществом лебедок данного типа являлась их малогабаритность.

На рис. 1 показана одна из конструкций ручной лебедки, разработанной на базе прецессионного зацепления.

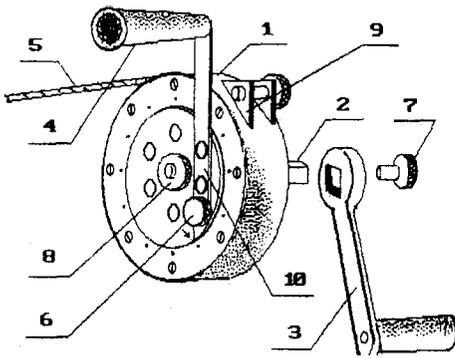


Рис. 1. Ручная лебедка РЛ-0,5

Данная лебедка состоит из следующих основных узлов: корпуса 1; ведущего вала 2; рукоятки 3; ручки для ускоренной намотки троса 4; троса 5; фиксатора 6; фиксирующего винта 7; фиксирующей гайки 8; кронштейна 9; планки 10.

Вращение от рукоятки 3 передается на ведомый вал 2, который составляет вращательную пару с прецессионным барабаном, на котором с помощью винтов закреплен в канавке барабана трос 5. На правой боковой поверхности барабана имеется внутренний зубчатый венец, который входит в зацепление с неподвижной шестерней с наружным зубчатым венцом.

Неподвижность шестерни относительна. В отверстии данной шестерни входит штырь фиксатора 6. Он, в зависимости от режима работы, может либо жестко

закреплять шестерню с крышкой корпуса 1 лебедки (основной тяговой режим работы), либо разъединять (режим ускоренной размотки и намотки). Крепление фиксатора в корпусе происходит с помощью резьбы. Для осуществления ускоренной намотки предусмотрена специальная ручка 4, которая закреплена на планке 10 при помощи фиксирующей гайки 8. Конструкцией предусмотрена стопорящая гайка, позволяющая при необходимости зафиксировать барабан, а следовательно и поднимаемый груз, на тросе лебедки в неподвижном состоянии.

В конструкции данного варианта лебедки создается постоянное натяжение даже при свободной (без груза) намотке троса, что позволяет вести более плотную намотку троса на барабан и предотвращает его защемление между прецессионным барабаном и корпусом. В конструкции предусмотрена упругая пружина, позволяющая постоянно прижимать трос к корпусу лебедки.

Рассмотрим конструкцию тягового устройства, применяемого для стягивания и натяжения контактного провода трамвайно-троллейбусной сети и правки кузовов троллейбуса и трамвая.

В настоящее время в ремонтных передвижных мастерских троллейбусных депо при авариях (обрыв троса на линии) для создания натяжения используют тяговые устройства, в основе которых используется обычная зубчатая передача и механизм полиспаста. Использование механизма полиспаста значительно усложняет конструкцию устройства. Кроме данного недостатка следует отметить повышенные массогабаритные показатели (вес тягового устройства составляет около 25 кг), что затрудняет ее транспортировку вручную, а также повышенное значение тягового усилия на ручке (16 кг), необходимого для создания требуемой грузоподъемности. Частично устранить указанные выше недостатки позволила лебедка, смонтированная на базе прецессионного зацепления. Прецессионная передача имеет возможность при небольших габаритных размерах получить требуемый крутящий момент. Следует также отметить ее пониженные массогабаритные параметры. Масса лебедки 9,2 кг, что позволяет переносить лебедку одному работнику АСП. В лебедке встроен механизм, обеспечивающий ускоренную размотку и намотку троса на барабан устройства. Конструкция тягового устройства во многом аналогична конструкции ручной лебедки, описанной выше.

Общий вид тягового устройства для правки кузовов троллейбуса и трамвая приведен на рис. 2.

При массе 5 кг оно имеет тяговое усилие 1200 кг при наличии полиспаста, процедура ускоренной размотки троса значительно упрощена, т.е. она производится непосредственно за трос усилием руки человека.

Устройство состоит из следующих основных узлов: корпуса 1; ведущего вала 2; рукоятки ведущего вала 3; ручки поддерживающей 4; троса 5; фиксатора 6; фиксирующего винта 7; фиксирующей гайки 8; кронштейна 9; подвижного блока 10.

Проведены испытания, которые показали высокую надежность устройства в работе, причем данные испытания проходили с превышением номинального тягового усилия устройства, на которое оно было рассчитано.

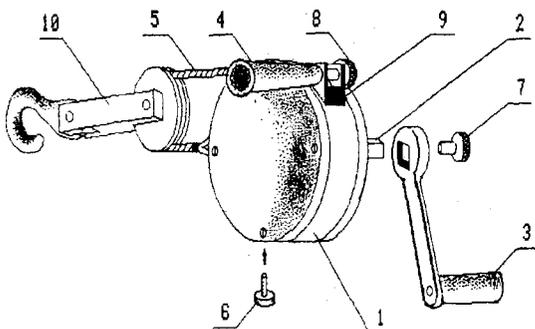


Рис. 2. Устройство РЛ-1,2

**Алгоритм автоматизированного проектирования ручных талей.** Рассмотрим порядок проектирования ручных талей. При автоматизации проектирования любого технического объекта создаются и используются уже существующие методы, алгоритмы и программы, реализующие на ЭВМ отдельные этапы данного проектирования.

При автоматизации проектирования коническо-цилиндрической прецессионной передачи (КЦПП) был широко использован метод параметрической оптимизации, реализованный на ЭВМ при помощи таких приложений операционной системы Windows, как Excel и AutoCAD. Для этих приложений был создан пакет из нескольких программ на языках VBA и AutoLISP, в котором использованы научные разработки и обобщен опыт проектирования КЦПП. На начальном этапе проводится кинематический анализ: рассматриваются варианты передачи с различными сочетаниями чисел зубьев и выбираются те из них, которые обеспечивают требуемое передаточное отношение редуцирующего механизма, а также постоянство скоростей в зоне контакта зубьев.

После оптимизации по выбранному варианту проводятся силовой и прочностной расчеты, учитывающие сложность кинематической схемы передачи и позволяющие определить минимально допустимый модуль прецессионного зацепления, а также размеры основных деталей редуктора, т.е. зубчатых венцов передачи, ведущего прецессионного и выходного валов, и подобраны подшипники по статической грузоподъемности.

На основе силового расчета выполняется расчет потерь в зацеплении и рассчитывается КПД, для повышения которого производится оптимизация геометрических параметров передачи. Профиля зубчатых колес планетарной прецессионной передачи проектируются эвольвентными. При этом приходится адаптировать данные эвольвентные профили к условиям прецессионного зацепления. Далее производится геометрический расчет адаптированных эвольвентных профилей с учетом технологических условий их изготовления.

Данный этап включал в себя проектирование геометрии планетарной прецессионной передачи с помощью программ, написанных на языке программирования AutoLISP в среде системы автоматизированного проектирования AutoCAD. Далее проводилась оптимизация геометрических параметров зубчатых колес, входящих в планетарную прецессионную передачу во избежание интерференции зубьев. Затем на основе полученной геометрии прецессионного зацепления для двухступенчатого редуктора было проведено автоматизированное проектирование конструкции ручной тали.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Плеханов Ф.И. Особенности проектирования планетарных передач с квазиэвольвентным внутренним зацеплением сателлита // Вестник машиностроения. – М., 2002. – № 8. – С. 3 – 5.
2. Пат. 2020328 Россия, МКИ<sup>5</sup> F16 H1/32. Планетарная прецессионная передача / П.Н. Громыко. – № 5004068/28; Заявл. 01.07.91; Оpubл. 30.09.94, Бюл. № 18 // Открытия. Изобретения. 1994. – № 18. – 4 с.
3. Пат. 2029169 Россия, МКИ<sup>6</sup> F16 H1/32. Планетарная прецессионная передача / П.Н. Громыко, П.А. Малашкевич. – № 5004699/28; Заявл. 01.07.91; Оpubл. 20.02.95, Бюл. № 5 // Открытия. Изобретения. 1995. – № 5. – 4 с.
4. Пат. 2364 РБ, МКИ 6 F 16H 1/32. Лебедка / П.Н. Громыко, Д.М. Макаревич, Л.А. Радыно, Л.А. Шаченок (РФ). – № 280; Заявл. 26.01.93. Оpubл. 30.09.98. // Открытия. Изобретения. 1998. – 4 с.
5. Громыко П.Н. Основные критерии при создании новых видов механических передач // Проблемы качества и надежности машин: Тез. докл. республ. науч.-техн. конф. – Могилев, 1994. – С. 21.