

УДК 621.8

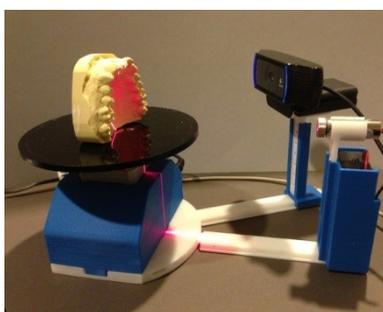
И.Ю. Гордлеева, к.ф.-м.н., доцент кафедры «ПМ и ПТМ», ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,
Н.И. Луконичев, студент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»,
ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»,
603951, г. Нижний Новгород, ул.Нестерова, 5

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И УНИФИКАЦИЯ МЕХАНИЗМА ПОВОРОТНОЙ ПЛАТФОРМЫ В ЗАДАННОМ ДИАПАЗОНЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Ключевые слова: унификация механизма, поворотная платформа, мотор-редуктор, цепная передача, кинематический и динамический расчет

В статье предпринята попытка унификации механизма поворота в определенном диапазоне таких заданных характеристик, как скорость вращения, габариты и масса груза с целью использования разработанного алгоритма для создания поворотных платформ различного предназначения

Механизмы вращения имеют широкий спектр применения, используются во всех отраслях производства, логистики и сферах обслуживания. Но каждый механизм предназначен для выполнения определенной работы, имеет узкоспециализированный профиль. Приведем некоторые примеры механизмов поворотной платформы:



а) мини 3D сканер



б) паллетоупаковщик



в) деррик-кран

Рис.1

В каждом случае механизм имеет три составляющих: поворотную платформу, механизм передачи вращения и привод. Для малых габаритов и веса груза (рис.1, а) вращение можно осуществлять напрямую от электродвигателя, так как мощность требуется небольшая. Для больших габаритов и тоннажности грузов (рис.1, в) поворотная платформа, механизм вращения и привод проектируются принципиально иначе (например, круговой рельс, кольцо зубчатого профиля с внутренним зацеплением и т.д.)

В данной работе предпринята попытка унификации механизма поворота в диапазоне следующих рабочих характеристик: масса груза от 20 кг до 5 тонн, диаметр поворотной платформы от 0,7 м до 2 м, скорость вращения 4-15 об/мин (рис.1, б),

остальные случаи не рассматриваются (рис.1, а и в). Ограничение связано с тем, что в качестве выбора механизма поворота в данном диапазоне габаритов платформы, массы груза и угловых скоростей используется цепная передача, как наиболее оптимальная с точки зрения КПД, надежности, ремонтпригодности, экономической целесообразности.

Когда возникает необходимость в каком-либо нестандартном оборудовании для определенных нужд производства, как правило, принимается одно из двух решений. Либо покупать готовое дорогостоящее и более-менее подходящее изделие, а затем адаптировать его, изымая ненужные части или добавляя необходимые. Либо создавать оборудование своими силами, что может повлечь быструю поломку, а так же представлять угрозу из-за отсутствия или несоблюдения необходимых расчетов и техники безопасности. Представленные рекомендации проектирования и создания унифицированной конструкции помогут расширить границы применимости и приспособления поворотных механизмов к различным условиям эксплуатации. Поэтапно выполняя определенные действия и расчеты, можно спроектировать и создать свой уникальный механизм.

Наиболее близкими по скоростным, весовым и габаритным характеристикам, рассматриваемым в нашей работе, является механизм поворота паллетоупаковщика (упаковочное оборудование, предназначенное для обмотки и фиксирования грузов на поддоне посредством стретч-пленки). Внимательно проанализировав существующий рынок, мы сопоставили общие схемы механизмов и получили сравнительную характеристику по конструкционному решению, тоннажности, рабочей скорости, электроприводов, стоимости и другим параметрам. Сравнительная характеристика рабочих параметров разных производителей паллетоупаковщиков приведена в таблице 1.

Таблица 1. Сравнительные характеристики паллетоупаковщиков

Производители	EXP-108 (Тайвань)	ECOPLAT BASE FRD (Белоруссия)	Topaz Master (Россия)
Внешний вид механизма			
Грузоподъемность, кг	1650	1200	2000
Скорость поворотной платформы, об/мин	12	4-10	4-12
Напряжение, В	220/1 фаза	380/3 фазы	220/1 фаза
Частота, Гц	50/60	50/60	50/60
Потребляемый ток, А	4,5	6,5	5
Установленная мощность, кВт	1,2	0,55	0.75
Размеры машины, мм	2400/1500/2345	2260/1500/2200	2530/1670/2820
Диаметр поворотной платформы, мм	1650	1600	1200
Усредненная	230000	220 000	200 000

Материалы научно-методической конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов

Секция VII Техническая диагностика и ресурс подъемно-транспортной техники портов и транспортных терминалов

В данной работе использовались следующие направления создания унифицированных конструкций. *Метод базового агрегата* (разнообразие получаемых изделий основывается на наличии у них общей, базовой части). Так, предложенный вариант механизма включает обязательные составляющие: поворотный стол, цепную передачу и мотор-редуктор в качестве электродвигателя (это - базовый агрегат). *Принцип модульности (агрегатирование)*. Новое изделие создается на основе комбинации уже имеющихся унифицированных агрегатов, которые обладают полной взаимозаменяемостью (совместимостью) по эксплуатационным показателям и присоединительным размерам.

Ниже приведены рекомендации по созданию поворотной платформы различного функционального применения, а так же для разных комбинаций таких характеристик, как скорость вращения платформы, масса и габариты груза. Выделены следующие этапы:

- проектирование поворотной платформы с заданными характеристиками;
- кинематический и динамический расчеты механической передачи;
- подбор электропривода;
- оценка себестоимости всех рабочих органов и элементов конструкции.

Этап 1: Проект конструкции поворотной платформы

На рис.2 представлен вариант платформы, выполненный в пакете *Компас 3D* (эскиз в 2D без крышки),

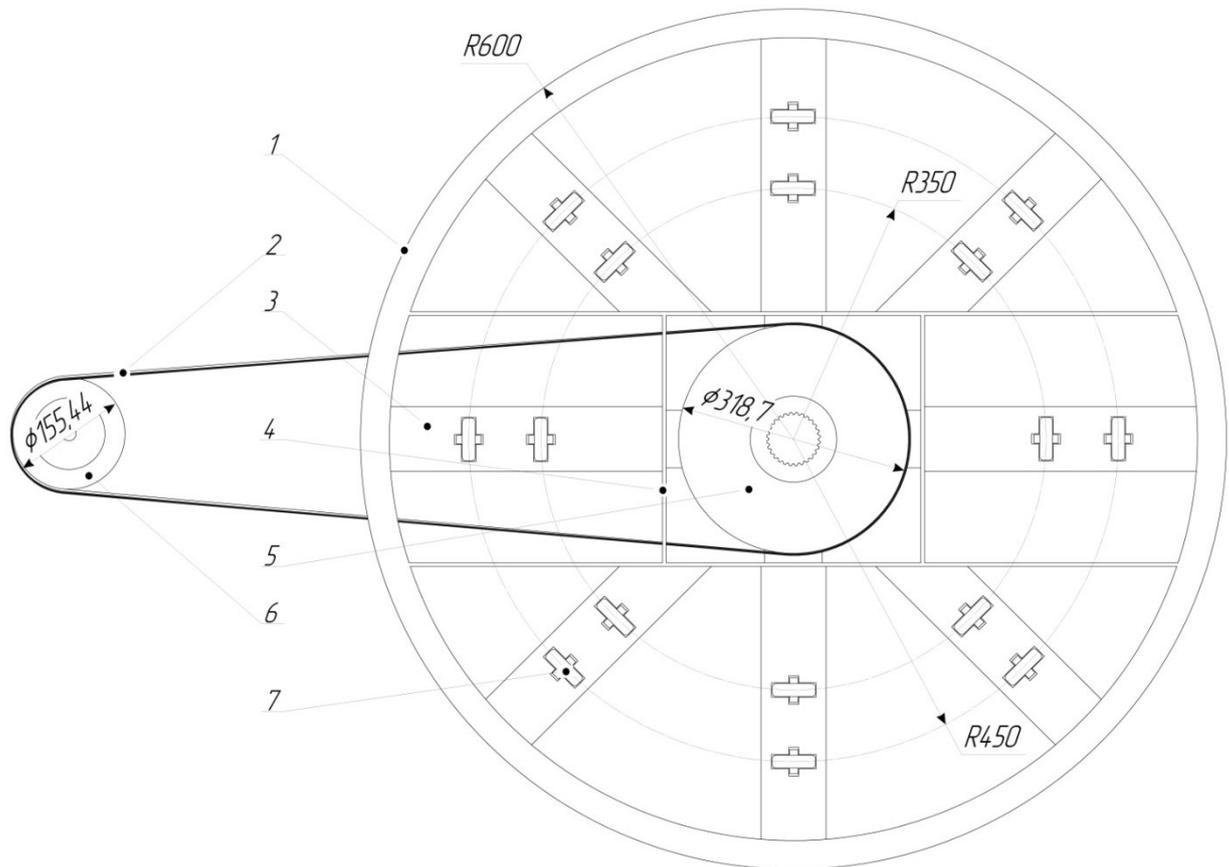
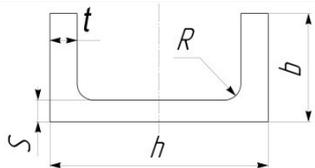
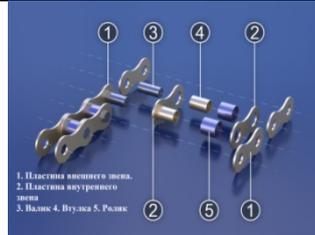
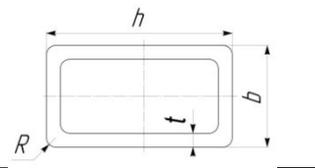
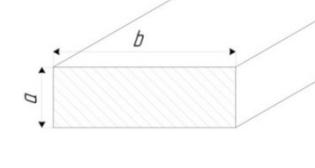
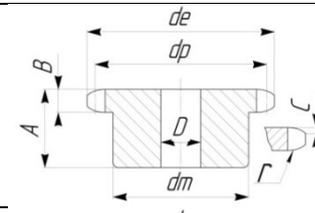
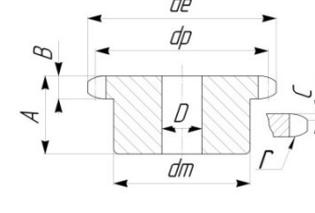
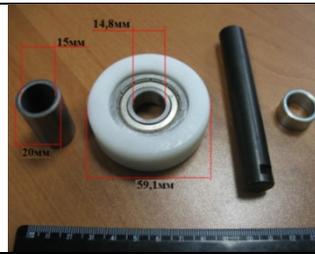


Рис.2

Таблица 2. Спецификация элементов платформы

№	Название	Характеристики	ГОСТ	Ко л- во	Схема

1	Швеллер	8П	ГОСТ 8240-97	2	
2	Цепь	ПР-25,4-60	ГОСТ 13568-97	1	
3	Профиль	hX b X t	90x50x5 ГОСТ 30245 – C245 ГОСТ 27772 – 8	8	
4	Пластина	Ширина-80мм Толщина-5мм	ГОСТ 103-76	5	
5	Звездочка	Материал Сталь 45 твердость 35...42HRC Z=19	ГОСТ 591-69	1	
6	Звездочка	Материал Сталь 45 твердость 35...42HRC Z=38	ГОСТ 591-69	1	
7	Ролики	Полиуретановый ролик с подшипником. Размер ролика 60x20мм	http://www.packsyst.ru/repdetails/parts_pallet/0002/	16	
8	Крышка	1200ммX1200мм Толщина-5мм	ГОСТ 103-76	1	

Этап 2. Расчет механических характеристик цепной передачи.

Исходные данные: масса платформы с грузом – 1000 кг, скорость вращения – 10 об/мин. Расчет производится по известной методике [1] в пакете –*MathCad*. Фрагмент программы показан на рис.3.

Исходные данные для расчета:

1. Передаточное число: $u=2$
2. Частота вращения ведомой звездочки: $n_2=60$
3. Вращающий момент на ведущей звездочке: $T_1=132$

$$n_2 := 60 \quad u := 2 \quad T_1 := 132.3$$

Найдем частоту вращения ведущей звездочки

$$n_1 := u \cdot n_2 = 120$$

Минимальное число зубьев ведущей звездочки

$$Z_{1\min} := 29 - 2 \cdot u = 25$$

$$Z_1 := 25$$

Определение числа зубьев ведомой звездочки.

$$Z_2 := Z_1 \cdot u = 50$$

Определение коэффициента эксплуатации

$$K_d := 1.5 \quad K_{рег} := 1.25 \quad K_m := 1$$

$$K_a := 1 \quad K_{см} := 1.3$$

$$K_n := 1 \quad K_{реж} := 1.25$$

$$K_z := K_d \cdot K_a \cdot K_n \cdot K_{рег} \cdot K_{см} \cdot K_{реж} = 3.047$$

Определение шага цепи.:

Среднее допустимое давление в шарнирах при $n_1=180$

$$p_0 := \frac{31 + 30 + 29 + 26}{4}$$

$$p_0 = 29$$

Тогда шаг цепи

$$p := 28 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1 \cdot K_z}{Z_1 \cdot p_0 \cdot K_m}} = 23.024$$

$$p \geq 23.673$$

Принимаем цепь ПР-25,4-60 ГОСТ 13568-97 с шагом $p=25,4$ мм и разрушающей нагрузкой $F=60$ кН

$$p := 25.4$$

Рис.3

Этап 3. Расчет мощности и крутящего момента на входе механической передачи.

Зная массу всех частей и силы, действующие на систему, используя теорему об изменении кинетической энергии в дифференциальной форме, находим момент вращения на ведущей звездочке цепной передачи [2]. Расчет производим в пакете *MathCad* [3]. Размерные величины, как исходные данные для расчета, определяются конструкцией платформы (рис.2). Фрагмент программы, рассчитывающей крутящий момент на входной звездочке показан на рис.4.

$$N_{F.тp4} := -V_k \cdot F_{тp4} = -7.024$$

$$F_{тp5} := F_{тp4}$$

$$N_{F.тp5} := -F_{тp5} \cdot 0.1L \cdot \frac{R1}{R2} \cdot w_1 = -9.03$$

$$N_{M.тp4} := -M_{тp} \cdot w_4 = -1.561$$

$$N_{M.тp5} := -M_{тp} \cdot w_5 = -2.007$$

$$N_{F.тp0} := -f \cdot R1 \cdot r1 \cdot w_1 = -1.019 \times 10^{-3}$$

$$N_{F.тp02} := -f \cdot R2 \cdot r2 \cdot w_2 = -1.019 \times 10^{-3}$$

$$\Sigma N(M_{вp}) := N(M_{вp}) + 8 \cdot N_{F.тp4} + 8 \cdot N_{F.тp5} + 8 \cdot N_{M.тp4} + 8 \cdot N_{M.тp5} + N_{F.тp0} + N_{F.тp02}$$

$$\Sigma N(M_{вp}) \rightarrow 2.0943951023931953 \cdot M_{вp} - 156.97261155481547762$$

$$\Sigma N \cdot t = T \quad t := 1.5$$

$$\Sigma N = \frac{T}{t}$$

$$N(M_{вp}) + 8 \cdot N_{F.тp4} + 8 \cdot N_{F.тp5} + 8 \cdot N_{M.тp4} + 8 \cdot N_{M.тp5} + N_{F.тp0} + N_{F.тp02} = \frac{T}{t}$$

$$M_{вp} = \frac{\frac{T}{t} - (8 \cdot N_{F.тp4} + 8 \cdot N_{F.тp5} + 8 \cdot N_{M.тp4} + 8 \cdot N_{M.тp5} + N_{F.тp0} + N_{F.тp02})}{w_1}$$

$$M_{вp} := \frac{\frac{T}{t} - (8 \cdot N_{F.тp4} + 8 \cdot N_{F.тp5} + 8 \cdot N_{M.тp4} + 8 \cdot N_{M.тp5} + N_{F.тp0} + N_{F.тp02})}{w_1} = 107.273$$

$$T1 := \frac{M_{вp}}{0.9} = 119.192$$

Рис.4

Этап 4. Подбор мотор-редуктора.

По расчетным мощности и вращательному моменту подбирается мотор-редуктор (электродвигатель + редуктор), удовлетворяющий расчетным характеристикам и с вертикальной выходной осью вращения для горизонтального расположения цепной передачи (<http://www.sirius-drive.ru/cilindricheskie-motor-reduktory.shtml>).

Этап 5. Оценка себестоимости всех рабочих органов и элементов конструкции

Составляется в виде сметы: по материалам конструкции на основе спецификации элементов, по выбранному электроприводу на основе прайс-листа цен на мотор-редукторы, по сварочным работам, компоновки и монтажу – отдельно, по средней рыночной стоимости этих работ.

Таким образом, на основе данного алгоритма можно спроектировать, рассчитать и реализовать платформу поворота для любого назначения применения, как самостоятельный механизм либо часть более общего агрегатированного изделия.

Список литературы:

- [1]. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: учеб.пособие для техн. Спец. вузов / П.Ф.Дунаев, О.П.Леликов. – 7-е изд. – М.: Высшая школа, 2001. – 447 с.
- [2]. Каримов И.Ш. Теоретическая механика: Электронный учебный курс для студентов очной и заочной форм обучения: экзаменационные вопросы, задачи, тесты и пр./ www.teoretmeh.ru
- [3]. Бертяев В.Д. Теоретическая механика на базе Mathcad. Практикум / - Санкт-Петербург, 2005. - 752 с.

DESIGN AND MECHANISM UNIFICATION OF THE TURNTABLE IN THE SPECIFIED RANGE OF OPERATING CHARACTERISTICS FOR DIFFERENT OPTIONS OF OPERATION

Gordleeva I.U., Lukonichev N.I.

Key words: unification mechanism, turntable, motor-reducer, chain transmission, kinematic and dynamic analysis

In article attempt of unification of the rotation mechanism in a certain range of specified characteristics, such as speed of rotation, dimensions and weight of the cargo with the purpose of use of the developed algorithm for creating turntables for various purposes