

ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ КЛИНО - ПАСОВИХ ПЕРЕДАЧ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОЇ МАТЕМАТИКИ ТА CAD СИСТЕМИ

Донбаська державна машинобудівна академія

Анотація

Описується математична модель для автоматизації розрахунків параметрів і проектування пасових передач за допомогою CAD - систем.

Ключові слова: автоматизація, розрахунок, проектування, пасова передача, CAD - система

Abstract

A mathematical model to automate calculation of parameters and design of belt transmissions using CAD systems.

Keywords: automation, calculation, design, belt drive transmission, CAD - system

Вступ

Підвищення навантажувальної здатності клино-пасових передач (КПП) використовуваних в двигунах внутрішнього згорання, що виробляються масово, призводять до суттєвого економічного результату, і тому, автоматизація розрахунку їх параметрів є актуальним [1], особливо з використанням сучасних систем проектування (CAD - систем [2 - 6]).

Мета роботи – удосконалення проектування та формування техдокументації при конструюванні передач з клиновими або поліклиновими ремнями з використанням CAD і комп'ютерної математики.

Результати дослідження

Завдання роботи:

- вивчити і проаналізувати види КПП, їх конструкцію і характеристики;
- розробити математичну модель для розрахунку параметрів КПП;
- розробити програму та програмне забезпечення програмно-методичного комплексу (ПМК)

автоматизації проектування ремінних передач з клиновими або поліклиновими ремнями.

Конструктивно ремінна передача (рис.1) складається з ведучого ($D1 = d_1$) і веденого шківів ($D2 = d_2$) розташованих на деякій відстані один від одного і ремня – приводу.

Форми поперечного перерізу ремня бувають: плоскоременими (рис. 1, I), клиноременими (рис. 1, II), круглоременими (рис. 1, III).

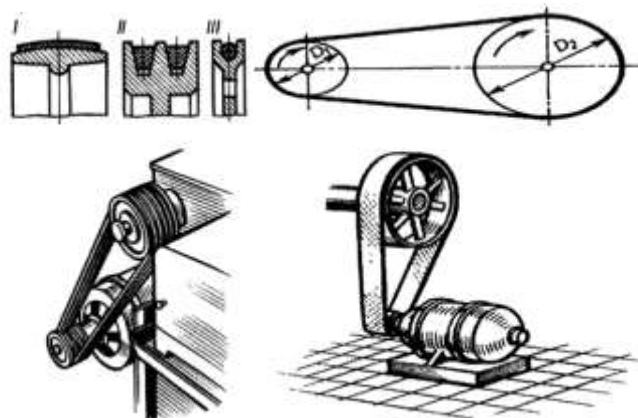


Рис. 1 – Конструктивне оформлення, типи ремнів і розрахункова схема КПП

В якості вхідних параметрів математичної моделі повинні бути задані: – найбільша тривало передана потужність на ведучому шківі P ;

- діаметр меншого шківів D_1 ;
- момент T ;
- частота обертання ведучого шківів n_1 ;
- передавальне число U_{pn} .

Також задається режим експлуатації машини, для якої проектується передача і типорозмір ремня. Потім за формулою (1) розраховується діаметр D_2 більшого шківів:

$$D_2 \approx U_{pn} D_1, \quad (1)$$

Однак в чистому вигляді використання моделей типу (1) в CAD системі досить утруднено і тому проводиться параметризація моделі за формулою (2):

$$D_2 = U_{pn} D_1 + P, \quad (2)$$

де P – параметр, варійований таким чином, щоб отримане значення D_2 програмно вибиралося відповідним найближчого стандартного розміру з ряду стандартних діаметрів шківів для всіх клинових і поліклинових ремнів: 40, ..., 4000 мм.

Аналогічно перетворюються і інші розрахункові формули, за якими проводиться моделювання і проектування робочих креслень з використанням CAD системи.

Покроковий алгоритм використання математичної моделі для розрахунку передачі з клиновими ремнями представимо таким чином:

1. Вибрати типорозмір (перетин) ремня.
2. Вибрати діаметр меншого шківів D_1 (Краще вибрати стандартне значення, більше мінімально допустимого на дві-три ступені).
3. Розрахувати діаметр більшого шківів за формулою (3):

$$d_2 = U_{pn} d_1 (1 - \varepsilon), \quad (3)$$

де ε – коефіцієнт пружного ковзання.

4. Розрахувати фактичне передавальне число передачі за формулою (4):

$$u_{\phi} = \frac{d_2}{d_1 (1 - \varepsilon)} \leq [u], \quad (4)$$

5. Призначити орієнтовану міжосьову відстань передачі [7].

6. Розрахувати орієнтовну довжину ремня по формулі (5):

$$l_p = 2a_p + 0,5\pi(d_1 + d_2) + (d_2 - d_1)^2 / (4a_p), \quad (5)$$

Округлити довжину клинового ремня до найближчого стандартного значення.

7. Розрахувати дійсну міжосьову відстань передачі, яка відповідає стандартній довжині ремня (6):

$$a = 0,25 \left[(l - w) + \sqrt{(l - w)^2 - 8y} \right], \quad (6)$$

де $w = 0,5\pi(d_1 + d_2)$; $y = 0,25(d_2 - d_1)^2$.

8. Розрахувати з урахуванням рекомендацій величину необхідного зближення і розсування шківів.

Рекомендується зближення шківів для надягання ремня $-\Delta a = 0,01 l$, розсування для створення попереднього натягу і компенсації витяжки ремня $+\Delta a = 0,025 l$.

Призначити межі зміни міжосьової відстані з урахуванням рекомендацій по формулі (7, або 8):

$$a_{\min} = a - 0,01l, \quad (7)$$

$$a_{\max} = a + 0,025l. \quad (8)$$

9. Розрахувати допустиму потужність, яку може передати один ремінь обраного типорозміру в заданих умовах експлуатації за формулою (9):

$$[P] = P_0 C_\alpha C_L / C_p, \quad (9)$$

де P_0 – потужність, що передається одним клиновим ремнем при $U_{pn} = 1$, $\alpha_1 = 180^\circ$,

довжині l_0 і спокійною роботою в одну зміну [8]; C_α – коефіцієнт кута обхвату ремнем меншого шківа, обчислюється за формулою (10), $\alpha_1 = 0 \dots 180^\circ$:

$$C_\alpha = 1 - 0,003(180^\circ - \alpha_1), \quad (10)$$

C_L – коефіцієнт довжини ремня, обчислюється за формулою (11):

$$C_L = \sqrt[6]{l/l_0}, \quad (11)$$

C_p – коефіцієнт режиму роботи.

10. Розрахувати потрібну кількість клинових ременів за формулою (12):

$$z = \frac{P_1}{[P]}, \quad (12)$$

11. Розрахувати остаточне число ременів з урахуванням нерівномірності розподілу навантаження між ними по формулі (13):

$$z' = \frac{z}{C_z}, \quad (13)$$

де C_z – коефіцієнт числа ременів.

12. З урахуванням рекомендацій і формули (14) розрахувати і викреслити профіль обода шківа.

$$B_{ui} = (z - 1)t + 2S. \quad (14)$$

13. Розрахувати потрібну силу попереднього натягу за формулою (15):

$$F_0 = \frac{850 P_1 C_L C_p}{V C_\alpha}, \quad (15)$$

14. Розрахувати силу, діючу на вали ремінної передачі, по формулі (16):

$$Q = 2F_0 \sin \frac{\alpha_1}{2}. \quad (16)$$

Розрахунок передач з поліклиновими ремнями виконується в тій же послідовності і за тими ж формулами і алгоритмами, що і передач з клиновими ремнями.

Програмне забезпечення ПМК для автоматизації проектування ремінних передач з клиновими або поліклиновими ремнями, що реалізує математичну модель (1 – 16) розроблено за допомогою Visual

Studio на мові C # та комп'ютерної математики пакетів програм SolidWorks та Microsoft Excel.

Комп'ютерні програми здійснюють побудову 3D моделі засобами «SolidWorks 2012», а створення звіту – «Microsoft Excel». Фрагмент коду розрахунка пасової передачі, з деякими скороченнями показано на рис. 2.

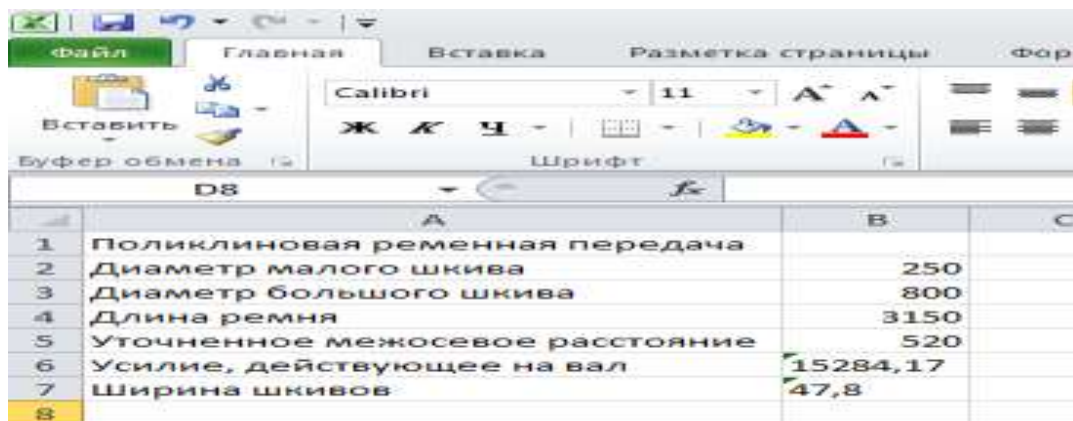
```
var selectStartNatKlin = new
StartNatKlinSo();
    selectStartNatKlin.ShowDialog();
    if (selectStartNatKlin.DialogResult
== DialogResult.OK)
        MessageBox.Show("Выбранное
усилие,действующее на вал " +
selectStartNatKlin.ReturnData().ToString());
        polTrans.So =
selectStartNatKlin.ReturnData();
        MessageBox.Show("Усилие,
действующее на вал " +
polTrans.calculateEffortShaft().ToString());
        var selectSdistance = new SoForm();
        selectSdistance.ShowDialog();
        if (selectSdistance.DialogResult ==
DialogResult.OK)
            polTrans.tCrossSection =
selectSdistance.ReturnData()[0];
            polTrans.sCrossSection =
selectSdistance.ReturnData()[1];
            MessageBox.Show("Ширина
шківов " +
polTrans.calculateSheaveWidth().ToString());
            this.button2.Visible = true;
            this.btnCreatePIPart.Visible = true;
        }
    }
    private void button2_Click(object sender,
EventArgs e)
    {
        ObjWorkBook =
ObjExcel.Workbooks.Add(System.Reflection.Mis
sing.Value);
```

```
ObjWorkSheet =
(Microsoft.Office.Interop.Excel.Worksheet)ObjW
orkBook.Sheets[1];
    ObjWorkSheet.Cells[1, 1] =
"Поликлиновая ременная передача";
    ObjWorkSheet.Cells[2, 1] = "Диаметр
малого шкива";
    ObjWorkSheet.Cells[3, 1] = "Диаметр
большого шкива";
    ObjWorkSheet.Cells[4, 1] = "Длина
ремня";
    ObjWorkSheet.Cells[5, 1] =
"Уточненное межосевое расстояние";
    ObjWorkSheet.Cells[6, 1] = "Усилие,
действующее на вал";
    ObjWorkSheet.Cells[7, 1] = "Ширина
шківов";

    ObjWorkSheet.Cells[2, 2] =
polTrans.selectSmallDiametr.ToString();
    ObjWorkSheet.Cells[3, 2] =
polTrans.selectBigDiametr.ToString();
    ObjWorkSheet.Cells[4, 2] =
polTrans.selectBeltsLength.ToString();
    ObjWorkSheet.Cells[5, 2] =
polTrans.ap;
    ObjWorkSheet.Cells[6, 2] =
polTrans.calculateEffortShaft().ToString();
    ObjWorkSheet.Cells[7, 2] =
polTrans.calculateSheaveWidth().ToString();
    ObjExcel.Visible = true;
    ObjExcel.UserControl = true;
}
```

Рисунок 2. – Фрагмент коду розрахунка пасової передачі з полікліновими ремнями

Фрагмент звіту для тієї ж передачі показано на рис3.



	A	B	C
1	Поликлиновая ременная передача		
2	Диаметр малого шкива	250	
3	Диаметр большого шкива	800	
4	Длина ремня	3150	
5	Уточненное межосевое расстояние	520	
6	Усилие, действующее на вал	15284,17	
7	Ширина шківов	47,8	
8			

Рисунок.3 – Звіт, виведений в Microsoft Excel

Фрагмент коду макросу 3D моделі шківів передачі показано на рис 4, а комп'ютерний екран з самим шківом – 5.

```
swModel.Extension.SelectByID2("", "FACE",
0, max_radius - 0.001, -width, false, 0, null, 0);
swModel.SketchManager.InsertSketch(true);
swModel.SketchManager.CreateCircleByRadius(
0, 0, 0, max_radius);
swModel.SketchManager.CreateCircleByRadius(
0, 0, 0, max_radius * 1.05);
swModel.Extension.SelectByID2("Эскиз4",
"SKETCH", 0, 0, 0, true, 0, null, 0);
swModel.FeatureManager.FeatureExtrusion2(
true, true, true, 0, 0, width * 0.1, 0, false, false,
false, false, 0, 0, false, false, false, true, true,
true, 0, 0, false);
//create right cut
swModel.Extension.SelectByID2("Спереди",
"PLANE", 0, 0, 0, false, 0, null, 0);
swModel.SketchManager.InsertSketch(true);
swModel.SketchManager.CreateCircleByRadius(
0, 0, 0, min_radius + (max_radius -
min_radius) / 2);
swModel.SketchManager.CreateCircleByRadius(
0, 0, 0, min_radius);
swModel.Extension.SelectByID2("Эскиз5",
"SKETCH", 0, 0, 0, true, 0, null, 0);
swModel.FeatureManager.FeatureCut3(true,
false, false, 0, 0, width * 0.3, 0.01, false, false,
```

```
false, false, 0, 0, false, false, false, false, false,
true, true, true, true, false, 0, 0, false);
//create left cut
swModel.Extension.SelectByID2("",
"FACE", 0, max_radius - 0.001, -width, false, 0,
null, 0);
swModel.SketchManager.InsertSketch(true);
swModel.SketchManager.CreateCircleByRadius(
0, 0, 0, min_radius + (max_radius -
min_radius) / 2);
swModel.SketchManager.CreateCircleByRadius(
0, 0, 0, min_radius);
swModel.Extension.SelectByID2("Эскиз6",
"SKETCH", 0, 0, 0, true, 0, null, 0);
swModel.FeatureManager.FeatureCut3(true,
false, false, 0, 0, width * 0.3, 0.01, false, false,
false, false, 0, 0, false, false, false, false,
true, true, true, true, false, 0, 0, false);
//create pas
swModel.Extension.SelectByID2("Спереди",
"PLANE", 0, 0, 0, false, 0, null, 0);
swModel.SketchManager.InsertSketch(true);
swModel.SketchManager.CreateCornerRectangle(-0.2 * min_radius, min_radius - 0.2 *
min_radius, 0, 0.2 * min_radius, min_radius + 0.2
* min_radius, 0);
```

Рисунок 4 – Фрагмент реалізації коду для створення макросу 3D моделі шківів

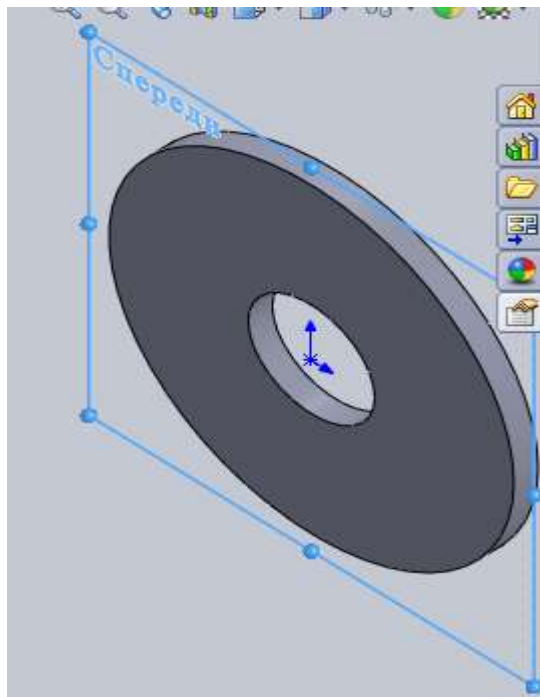


Рисунок 5 – Побудова моделі шківів в SolidWorks

Аналогічно, показаному на рис. 5, проводиться проектування і побудова робочих креслень інших деталей передачі. Так як параметризація співвідношень математичної моделі КРП системно

незалежна, то її можна застосовувати як в існуючих – «SolidWorks», «AutoCAD», «Creo», «Компас», так і в перспективних CAD системах.

У ПМК також представлений функціонал для користувача системи, що дозволяє йому виконати всі необхідні маніпуляції з вхідними даними, а також за необхідності відредагувати вихідні дані про пасову передачу.

Висновки

Вивчення і аналіз конструкцій і характеристик пасових передач з клиновими ременями дозволили розробити математичну модель їх розрахунку, параметризація якої призначена для підтримки автоматизованого проектування та розробки робочих креслень в існуючих «SolidWorks», «AutoCAD», «Creo», «Компас» або в перспективних CAD системах. Параметризація математичної моделі стандартизує процес проектування, зменшує ймовірність появи помилок і підвищує точність визначення параметрів кліноременного приводу.

Подальший розвиток наукових розробок у даному напрямі - застосування методів моделювання та алгоритмізації для створення інформаційної моделі КРП.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мартынов В.Ю. Разработка теории, методов расчета и проектирования современных передач трением гибкой связью [Электронный ресурс] // Название с экрана. Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/razrabotka-teorii-metodov-rascheta-i-proektirovaniya>
2. Ременные передачи [Электронный ресурс] // Название с экрана. Режим доступа: http://cherch.ru/mechanicheskie_peredachi/remennye_peredachi.html
3. Латышев П.Н. Каталог САПР. Программы и производители: Каталогное издание. — М.: ИД СОЛОН-ПРЕСС, 2006, 2008, 2011. — 608, 702, 736 с
4. Малюх В. Н. Введение в современные САПР. — М.: ДМК Пресс, 2010. — 192 с
5. Норенков И. П. Основы автоматизированного проектирования. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. — 430 с..
6. Система автоматизированного проектирования (CAD) [Электронный ресурс] // Название с экрана. Режим доступа: <http://www.ptc.ru.com/cad>
7. Електронна бібліотека, Макарова А.В. "Практический расчет ременной передачи" [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://www.kazedu.kz/referat/181007>
8. Карнаух С.Г. Расчеты механических передач: Учебное пособие к курсовому и дипломному проектированию для студентов механических специальностей - Краматорск: ДГМА, 2003. – 292 с.

Кравченко Валерій Іванович, канд. техн. наук, доцент, доцент, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, електронна адреса - krwkld84@gmail.com

Устиновська Світлана, студентка, факультет автоматизації машинобудування і інформаційних технологій, Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ

Kravchenko Valery Ivanovich, Cand. tech. Sciences, associate Professor, associate Professor, Donbass state machine-building Academy, Kramatorsk, e - mail- krwkld84@gmail.com

Ustinovsky Svetlana, student, faculty of automation engineering and information technologies, Donbass state machine-building Academy, Kramatorsk