

МОДУЛЬ САПР МЕХАНИЧЕСКИХ ЗАХВАТНЫХ УСТРОЙСТВ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Аннотация: статья посвящена разработке модуля САПР для расчёта параметров захватных устройств на стадии их проектировании. Целью разработки является автоматизация проектирования захватных устройств промышленных роботов.

Ключевые слова: захватное устройство робота, усилие привода захвата, модуль САПР

Введение

Производители промышленных роботов (ПР), как правило, в комплект поставки технологического оснащения манипуляторов ПР включают один-два захвата, поскольку заранее не известны параметры объектов манипулирования. Поэтому при эксплуатации ПР возникает необходимость в проектировании нового технологического оснащения, в т.ч. и механических захватов.

При проектировании захватов промышленных роботов необходимо производить расчёты таких показателей, как минимальное усилие зажима, необходимое для удержания детали в захватном устройстве, контактные напряжения и, главное, параметры привода захватного устройства (ЗУ). При этом учитываются схема зажима детали, геометрические физико-механические параметры детали, масса детали, форма поверхностей контакта ЗУ с деталью, трение в точках контакта, а также другие показатели. На данное время для расчёта параметров механических захватов не существует специализированного программного обеспечения, которое бы способствовало повышению объективности и производительности работы проектировщиков. Точнее, отсутствуют модули САПР функционального проектирования технологического оснащения ПР, относящиеся к САЕ (Computer Aided Engineering) системам.

Постановка задачи

Необходимо разработать программное обеспечение, позволяющее производить расчёты характеристик различных по кинематической схеме механических захватов ПР. В число характеристик входят: усилие зажима и нормальных реакций поверхности детали, контактное напряжение между губками захвата и поверхностью объекта манипулирования, а также параметры двигателя для привода ЗУ. Приложение должно предоставлять удобный интерфейс для ввода проектировщиком всех исходных данных, которые подробнее будут рассмотрены в описании методики расчётов. Интерфейс модуля САПР должен быть интуитивно понятен пользователю.

© М.Н. Полищук, Д.К. Баранова, 2012

Методика расчёта параметров

Расчёты параметров ЗУ включают в себя следующие шаги:

1. Определение минимального усилия зажима, необходимого для удерживания заготовки или детали в захвате. При выборе расчётной схемы исходят из наиболее неблагоприятного положения захвата, а именно положения, при котором возможен срыв детали из зажимных губок захвата. Удерживающими силами являются силы трения, которые зависят от коэффициента трения материала детали и зажимных губок и нормальных реакций сил, которые возникают в местах соприкосновения детали с захватом под действием усилия зажима. Формулы расчета усилий (табл. 1), приложенных к детали, определены из уравнений кинестатики для выбранной системы координат [1].

где N_i , R_i – усилия нормальных реакций; W_i – усилие зажима; m – масса детали; g – ускорение в свободном падении; γ – угол призмы; μ – коэффициент трения между губкой захвата и заготовкой.

2. Расчёт усилия привода захвата с учётом минимального усилия зажима и коэффициента его запаса относительно выбранной кинематической схемы усилительно-передаточного механизма ЗУ. При выборе типа передаточного механизма следует учитывать допустимые размеры и грузоподъёмность ЗУ, необходимость плоскопараллельного или вращательного движения губок захвата, а также тип привода и конструкцию типа манипулятора. Кроме того, выбор передаточного механизма ЗУ (табл. 2) зависит от формы и диапазона размеров изделий, которые захватываются.

где Q – усилие привода захвата; W – усилие зажима; m – модуль зубчатой передачи; z – число зубьев зубчатого колеса; η – коэффициент полезного действия соответствующего механизма захвата; α – средний угол наклона рычага; K – коэффициент запаса, учитывающий потери от трения и влияния сил инерции при движении захвата.

3. На третьем этапе рассчитываются величину контактного напряжения, в местах контакта губок захвата и объекта манипулирования (заготовки, детали). Эти расчёты проводятся во избежание поврежденной базовых поверхностей деталей. Если значение напряжения σ в местах соприкосновения губок захвата с деталью превышает допустимое $[\sigma]$ для конкретного материала детали, то необходимо пересмотреть параметры захвата, например, увеличить ширину губки захвата, увеличив тем самым площадь контакта, или выбрать для нее иной материал ЗУ.

где σ – контактное напряжение; N_{\max} – максимальная сила в точках соприкосновения захвата и детали; E – модуль упругости материала детали; B – ширина контакта губок захвата с деталью; d – диаметр детали; R – минимальный радиус контакта.

4. На заключительном этапе расчёта ЗУ рассчитываются параметры двигателя для привода ЗУ. С учетом ранее определенного усилия привода вычисляется необходимый крутящий момент M на валу электро-

Определение минимального усилия зажима по различным схемам

№	Схема зажима детали в захвате манипулятора ПР	Расчётные формулы
Схема зажима детали № 1		$R_i = \frac{mg}{2(\cos \gamma + \mu \sin \gamma)};$ $N_i = R_i \frac{\sin \gamma + \mu \cos \gamma}{2(\cos \gamma + \mu \sin \gamma)};$ $W_i = 2N_i (\sin \gamma + \mu \cos \gamma);$ $i = 1, 2 \dots n$
Схема зажима детали № 2		$R_i = \frac{mg}{2(\cos \gamma + \mu \cos \gamma) + \mu};$ $N_1 = \frac{R}{\mu} (\cos \gamma + \mu \sin \gamma);$ $N_{2,3} = \frac{2\mu + (1 + \mu^2) \sin 2\gamma}{4\mu (\sin \gamma + \mu \cos \gamma)^2};$ $W_{1,2} = N_1 - 2N_2 (\sin \gamma + \mu \cos \gamma) + R(\sin \gamma - \mu \cos \gamma)$
Схема зажима детали № 3		$N_i = \frac{mg}{2\mu};$ $W_i = N_i;$ $i = 1, 2;$
Схема зажима детали № 4		$N_i = \frac{mg}{2\mu};$ $W_i = N_i;$ $i = 1, 2;$

двигателя, а затем мощность $N(\kappa Bm)$, на основе которой по каталогу выбирается ближайший по значению мощности электродвигатель.

4.1. Мощность электродвигателя привода захвата рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{Mn}{960}, \text{ кВт}, \tag{1}$$

где: M — крутящий момент, кгм; n — частота оборотов в минуту на валу двигателя, об/мин.

4.2. При использовании в приводе ЗУ пневмо- или гидроцилиндров их выбирают по наибольшему значению усилия Q привода и величины рабочего хода ведущего звена усилительно-передаточного механизма за-

Расчёт усилия привода захвата

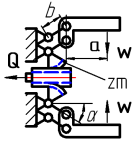
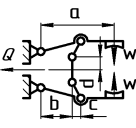
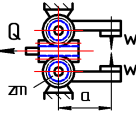
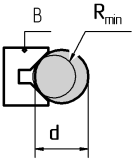
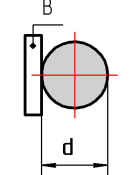
Наименование механизма усилительно-передаточного звена	Кинематическая схема ЗУ	Формулы расчёта усилия привода
Зубчато-реечный плоскопараллельный		$Q = \frac{4W(a+b \cos \alpha)}{mz\eta} K$
Шарнирно-рычажный		$Q = \frac{2Wac}{d(b+c)\eta} K$
Зубчато-реечный		$Q = \frac{4Wa}{mz\eta} K$

Таблица 3

Расчёт касательных напряжений

Форма поверхностей контакта губок и детали	Формулы расчёта контактных напряжений
	$\sigma = 0.418 \sqrt{\frac{N_{\max} E}{B} \left(\frac{2}{d} + \frac{1}{R} \right)}$
	$\sigma = 0.418 \sqrt{\frac{N_{\max} E^2}{Bd}}$

хвата. Диаметр D необходимого пневмо- или гидроцилиндра определяется из формулы усилия в поршневой области цилиндра:

$$D = 10 \sqrt{\frac{4Q}{\pi p \eta}} \text{ мм,} \quad (2)$$

где: p — давление в цилиндре: для пневмоцилиндра $p = 4 \text{ кгс/см}^2$, а для гидроцилиндра $p = 16 \text{ кгс/см}^2$; η — коэффициент полезного действия соответствующего механизма захвата.

Краткая аннотация программного обеспечения

Данное программное обеспечение (ПО) разработано на языке C# в среде разработки Microsoft Visual Studio 2008. ПО может работать под операционными системами Windows XP, Windows Vista и Windows 7 на базе программной платформы .NET Framework. Также при создании ПО была применена библиотека SkinCrafter для создания визуального интерфейса.

Логика расчётов отделена от логики интерфейса таким образом, что может быть использована в других приложениях с возможностью расширения [2].

Разработанный модуль САПР ориентирован на пользовательскую аудиторию инженеров-конструкторов.

Описание оконного интерфейса

Пользовательский интерфейс программного обеспечения организован таким образом, что пользователю предлагается пошаговое выполнение необходимых действий. Язык интерфейса – украинский. Пользователь может перемещаться по вкладкам таким образом, что для перехода на каждую следующую ему необходимо выполнить все действия, предлагаемые на предыдущей вкладке. Пользователь может беспрепятственно переключаться на вкладки, предшествующие текущей, что позволяет изменять параметры, введённые ранее.

На первой вкладке (рис. 1) предлагается выбрать один из четырёх типов ЗУ. До момента выбора нужного типа ЗУ кнопка “Далее” остаётся неактивной.

Далее пользователь может перейти на следующую вкладку (рис. 2), где ему предлагается указать все необходимые для расчётов параметры. На этой вкладке также присутствуют иллюстрации тех схем расчётов, которые были выбраны на первой вкладке. В зависимости от выбранной схемы расчёта вид третьей вкладки меняется. На рис. 3 и рис. 4 показаны варианты вида второй вкладки для второй и третьей схемы расчёта захвата.

Если не все параметры введены, или введены некорректные значения кнопка “Далее” остаётся неактивной.

Третье окно диалога отображает результаты расчёта параметров захвата (рис. 5).

На четвёртой вкладке производится расчёт параметров электродвигателя, пневмо- или гидропривода захвата (рис. 6). Пользователю предлагается выбрать тип цилиндра пневмо- или гидропривода, а также

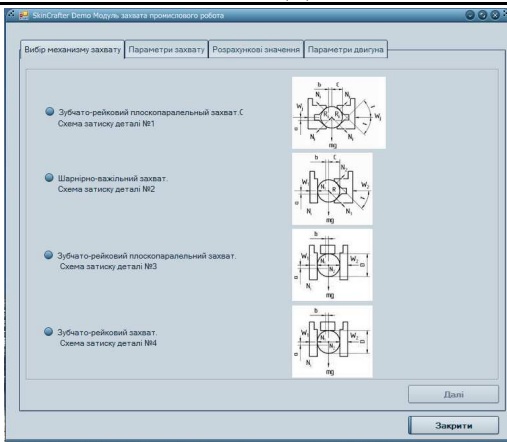


Рис. 1 – Окно диалога “Выбор схемы зажима детали захватом”

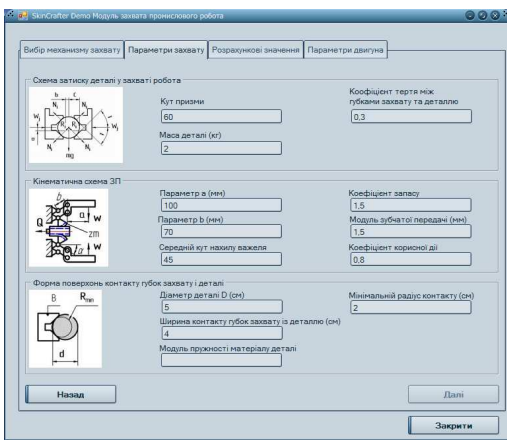


Рис. 2 – Окно диалога “Ввод исходных данных для расчета” для первого типа захвата

ввести необходимые переменные для расчета либо мощности электродвигателя, либо диаметра пневмо- или гидроцилиндра.

Выводы

1. Выполнена адаптация методики расчета параметров механических захватных устройств промышленных роботов для автоматизированного расчета.
2. Разработано программное обеспечение модуля САПР для CAE-системы технологического оснащения роботов.

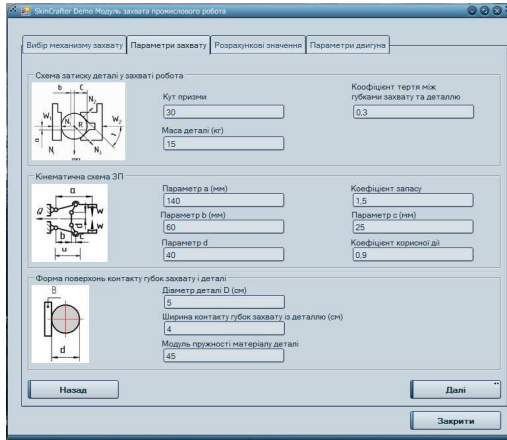


Рис. 3 – Окно диалога “Ввод исходных данных для расчета” для второго типа захвата

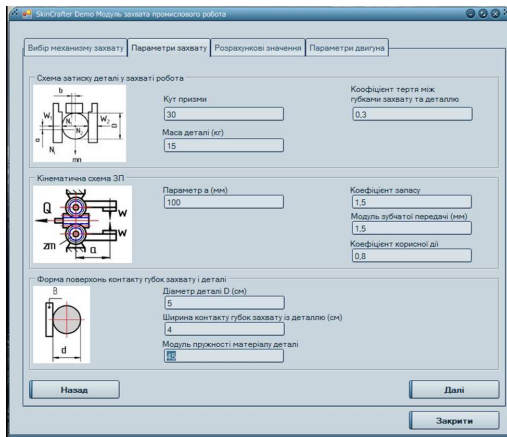


Рис. 4 – Окно диалога “Ввод исходных данных для расчета” для третьего типа захвата

3. Разработанный модуль САПР механических захватов позволит существенно повысить производительность труда инженеров-конструкторов технологического оснащения промышленных роботов.

Литература

1. Гнучкі комп'ютеризовані системи: проектування, моделювання і управління / Ямпольський Л.С., Мельничук П.П., Самотокін Б.Б.,

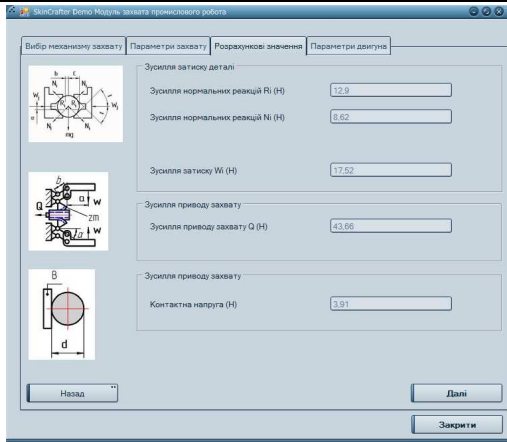


Рис. 5 – Окно диалога “Результаты расчета”

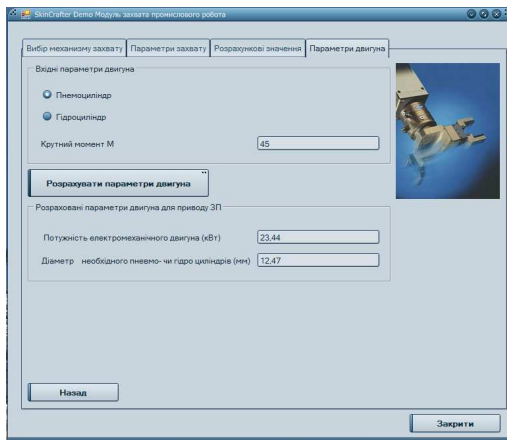


Рис. 6 – Окно диалога “Параметры двигателя”

Поліщук М.М., Ткач М.М., Остапченко К.Б., Лісовиченко О.І. // Житомир: ЖДТУ, 2005.- с. 79-81.

- Быстрая разработка программ: принципы, примеры, практика // Роберт С. Мартин // М.: Издательский дом “Вильямс”, 2004. – 752с.

Отримано 14.03.2012 р.