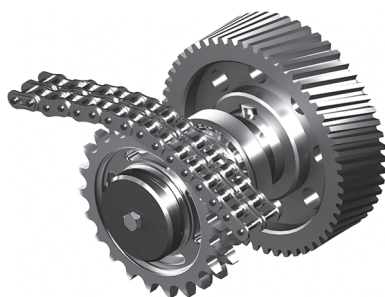


Градимиp Чучуковић

SolidWorks

напредне технике



Београд 2020.

SolidWorks напредне технике

Градимиr Чучуковић

ISBN 978-86-7991-427-9

Copyright © 2020. ЦЕТ, Београд.

Сва права задржана. Ниједан део ове књиге не може бити репродукован, снимљен, или емитован на било који начин: електронски, механички, фотокопирањем, или другим видом, без писане дозволе издавача. Информације коришћене у овој књизи нису под патентном заштитом. У припреми ове књиге учињени су сви напори да се не појаве грешке. Издавач и аутори не преузимају било какву одговорност за евентуалне грешке и омашке, као ни за њихове последице.

Рецензент	Милан Милутиновић
Лектура	Марина Ђенадић
Технички уредник	Весна Петриновић
Дизајн корице	Миленко Правдић
Уредник	Јована Ристић
Издавач	ЦЕТ Београд, Скадарска 45 тел/фах: (011) 3243-043, 3235-139, 3237-246 www.cet.rs
За издавача	Драган Стојановић, директор
Тираж	1000
Штампа	„СатЦИП”, Врњачка Бања

Ова књига на веома успешан начин објашњава како на практичним примерима применити напредне технике у програмском пакету *SolidWorks*. Аутор је на једноставан начин објаснио разноврсне модуле садржане у оквиру *SolidWorks*-а (моделирање заварених конструкција, моделирање делова од лима, моделирање сложених површина, моделирање простих и сложених цевовода, извођење симулација и креирање анимација, . . .) који су недовољно објашњени у постојећој литератури, а која се бави поменутом тематиком. Сви примери у тексту су козистентни и логички презентовани са једнообразним стилем навођења. Што је најважније сви они су репродуцибилни. Ова књига биће од велике користи студентима и инжењерима који се баве пројектовањем производа, применом програма *SolidWorks*.

Милан Милутиновић, дипл. инг. маш.

Садржај

Предговор	9
Увод	11
Интерфејс програма SolidWorks	16
Палете са алатима	16
Погледи у SolidWorks-у	20
Windows окружење SolidWorks-а	21
Режими рада у SolidWorks-у	25
Режим <i>Part</i>	27
Режим <i>Assembly</i>	32
Режим <i>Drawing</i>	34
Пројектовање пуних тела у програму SolidWorks	36
1. Напредно моделирање склопова	43
Ограничење растојања – <i>Distance Limit</i>	48
Ограничење угаоног растојања – <i>Angle Limit</i>	53
Услов вијка – <i>Screw</i>	63
Услов ексцентри – <i>Cam / Follower</i>	70
Зупчасти пар – <i>Gear</i>	82
2. Моделирање заварених конструкција	91
Модел конзолног носача	96
Затварање крајева цеви – <i>End Cap</i>	105
Визуелизација завареног споја	107
Уградња ребрастих елемената	110
Кројна листа (<i>Cut List</i>)	112
3. Моделирање делова од Лима	115
Основни алати за моделирање делова од лима	118

Алатка основног извлачења лима <i>Base Flange /Tab</i>	120
Алатка за савијање од ивице <i>Edge Flange Tool</i>	120
Алатка савијања по скици <i>Sketched Bend</i>	122
Алатка савијања <i>Jog</i>	125
Команде савијања (<i>Fold</i>) и исправљања (<i>Unfold</i>)	126
Алатка Поруб (енгл. <i>Hem</i>)	129
Алатка Обод (<i>Miter Flange</i>)	131
Моделирање заштитног лима	135
Припрема за исецање лима – <i>DXF</i> фајл	147
4. Моделирање скулпторских површина	151
Алати за моделирање скулпторских површина	154
Скицирање модела на основу фотографије	159
Моделирање тела сложене површине	168
Фотореалистични изглед модела.	179
5. Калупи и одливци	183
Симулација процеса бризгања	189
Моделирање калупа.	206
6. Цеви и цевоводи	223
Моделирање простог цевовода.	231
Моделирање хидрауличких постројења.	246
Нестандардни елементи цевовода	259
Још неки савет за крај	269
Тачка продора цевног сегмента	269
Ефективна ротација објеката	271
Коришћење дизајнерске табеле	272
Коришћење релације <i>Route along</i>	273
Подешавање провидности цевовода	274
Дорада компонената цевовода	275
Решавање <i>SolidWorks</i> -ових конфликта	276

7. Симулација	279
Анализа статичког оптерећења	285
Анализа резонантних фреквенција.....	301
Термичка анализа.....	311
8. Симулација протока	327
<i>SolidWorks Flow Xpress</i> симулација	332
<i>SolidWorks</i> -ова симулација протока.....	345
<i>What if</i> сценарио.....	374
Оптимизација дизајна.....	380
9. Основе анимације	387
Анимација модела једноцилиндричног мотора	393
Постављање параметара анимације.....	404
Отварање двоструког погледа	406
Кретања у анимацији	408
Кључеви и кључне тачке	412
Постављање камере	414
Чаробњак за анимацију	423
И на крају	432

Предговор

Жеђ за знањем је уткана у саму суштину људског бића. Ја у својим књигама желим да вас усмерим ка потрази за знањем у оквиру примене савремених технологија у машинском, компјутерском пројектовању. Колико сам у томе успео, просудићете сами.

Данашњи ниво развоја *CAD* технологије карактерише велики број програма различитих произвођача. Иако сви ови програми данас по својим карактеристикама и могућностима постају све сличнији међу собом, могућност ширег избора често представља додатни проблем за опредељење инжењера. Који софтверски пакет је најбољи избор у датим условима, са аспекта техничких могућности које пружа корисницима, потребне хардверске платформе, цене лиценце и потребног нивоа информатичког знања, као и начина на који се приступа и врши обликовање модела у *CAD* апликацијама, тешко је одредити. Један од најзаступљенијих *CAD* система, у данашње време, *SolidWorks*, нуди јединствена *2D* и *3D CAD* решења за машинско и електро-пројектовање, као и решења за прорачуне, симулацију кретања алата и механизма, управљање техничком и технолошком документацијом.

О књизи укратко

Књига која је пред вама састоји се од девет независних поглавља, у којима сам покушао да вам прикажем неке од напредних техника израде *3D* модела. Књига „*SolidWorks* напредне технике“ природни је наставак претходне књиге „*SolidWorks* и *SolidCAM* основе“. И ова књига се заснива на принципу учења кроз рад на практичним примерима. У уводном поглављу дао сам кратак осврт на сâм програмски пакет *SolidWorks*, његов интерфејс и основне модуле уз помоћ којих се врши моделирање делова и склопова разних нивоа сложености, генерише техничка документација, врше разне анализе и симулације, креирају атрактивне и функционалне анимације. Остала поглавља обрађују материју за коју сматрам да спада у напредне технике моделирања. Иако напредне и ове технике имају неке своје основе које сам, надам се успешно, пренео кроз практичне примере. Сви примери у овој књизи настали су као резултат

мог рада, било као део пословних пројеката, било као модели рађени наменски, за потребе описа појединих техника.

Књига је прилагођена програмском пакету *SolidWorks* од верзије 2013 па до најновије. Снимци екрана приказани у оквиру књиге засновани су на моделима израђеним у верзији 2013 програма *SolidWorks*, док су модели на пратећем диску оптимизовани за верзију *SolidWorks*-а 2013.

Коме је ова књига намењена

Књига „*SolidWorks* напредне технике“ намењена је свима који имају жељу и потребу да прошире своја знања из области 3D моделирања и коришћења овог моћног програмског пакета. Могу је користити ученици средњих техничких школа, студенти машинских и других техничких факултета и високих школа, као и колеге, машински инжењери који желе да се прикључе савременим токовима у области инжењерског пројектовања.

Захвалнице

Пре него што се посветимо напредним техникама *Solid Works*-а желим да се захвалим на помоћи при изради ове књиге свом ментору и колеги Др Милану Милутиновићу који је иницирао садржај и обим ове књиге. Својим корисним саветима директно је утицао на проналажење више оптималних решења овде описаних проблема.

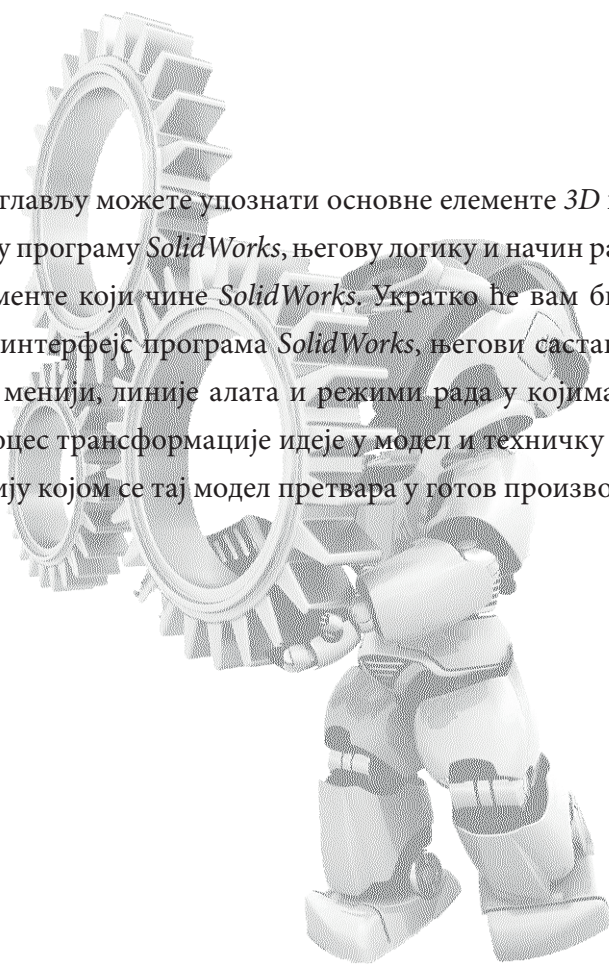
Посебну захвалност дугујем својој супрузи Олги која ме је све време подржавала у мојим напорима и стоички подносила све проблеме које је писање ове књиге носило са собом.

Са жељом да се поред откривања нових техника моделирања и добро забавите, позивам вас на наше заједничко путовање кроз напредне технике *Solid Works*-а.

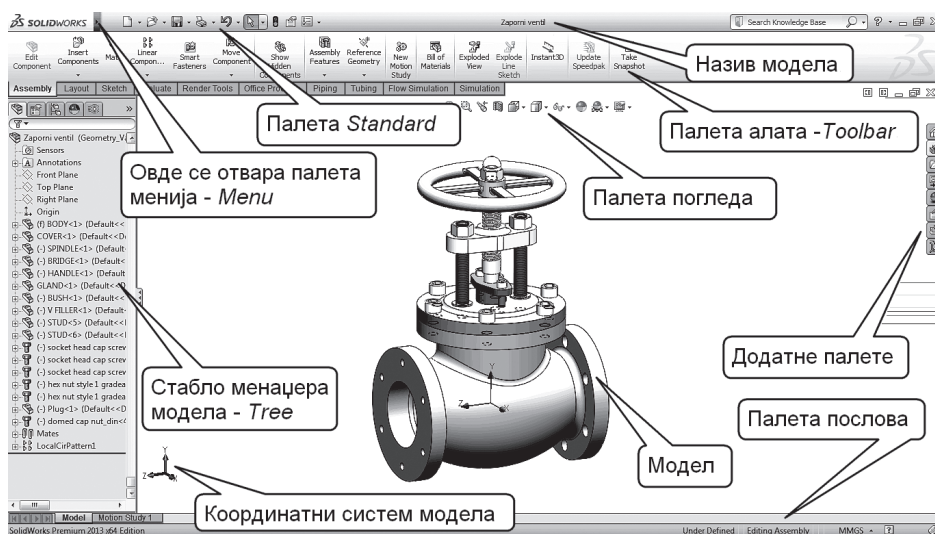
Аутор

Увод

У овом поглављу можете упознати основне елементе 3D моделирања у програму *SolidWorks*, његову логику и начин рада, као и елементе који чине *SolidWorks*. Укратко ће вам бити приказан интерфејс програма *SolidWorks*, његови саставни елементи, менији, линије алата и режими рада у којима се одвија процес трансформације идеје у модел и техничку документацију којом се тај модел претвара у готов производ.



Програм *SolidWorks*, америчке компаније *SolidWorks Corporation*, служи за машинско пројектовање и аутоматизацију процеса који су засновани на параметарском моделирању пуних тела. *SolidWorks* је први *CAD* програмски пакет који у потпуности користи графичко окружење *Microsoft Windows*-а. Захваљујући *Windows*-овој функцији превлачења објеката уз помоћ „миша”, постало је веома лако савладати овај *CAD* програмски пакет. *Windows*-ово графичко, корисничко окружење (као на слици 1) омогућава машинским инжењерима да једноставније разрађују своје нове идеје и да их, и пре саме израде прототипова, или баш уместо ње, реализују и провере у облику виртуелних машинских делова, подсклопова и склопова, цртежа и детаља.



Слика 1: Радно окружење *SolidWorks*-а

Шта представља „параметарско моделирање”? Параметарско моделирање је облик моделирања тродимензионих објеката у оквиру кога се геометријски модел физичког тела може описати скупом геометријских и димензионих параметара. Параметри представљају променљиве величине и својим тренутним вредностима потпуно описују геометрију тела. Геометријски параметри представљају геометријска ограничења на моделу, као што су: паралелност, нормалност и друга. Димензионих параметри су димензије тела (модела), као: дужине, пречници, радијуси, углови

и други. Параметарско моделирање омогућује инжењеру – пројектанту да у свој пројекат угради неку врсту интелигенције. Повремено се оно назива и суштинско пројектовање.

Насупрот традиционалном *CAD* софтверу, у програму *SolidWorks* почетна скица дводимензионалне контуре за моделирање не мора да буде посебно прецизна. Једино је потребно да приказује основни геометријски облик попречног пресека одређеног дела. Тачна величина и облик контуре одређују се додељивањем довољног броја параметара који ће је потпуно ограничити. Део тога дешава се и аутоматски. На пример, уколико се нека линија нацрта у скици као хоризонтална, она ће, када се промени величина одговарајућег дела, увек остати хоризонтална, без обзира на то какве се измене изврше. Слично томе, уколико је отвор постављен тако да буде увек на извесном растојању од ивице, он ће аутоматски остати у том положају у односу на ту ивицу, чак и уколико се сама ивица помери. То је разлика у односу на традиционалне *CAD* програме, у којима и ивица и отвор морају да се чврсто повежу одређеним координатама. Да би се ивица померила, потребно је променити положај отвора, како би остао на истом растојању од ивице. Предност параметарског моделовања јесте у томе што суштина пројекта остаје иста и када се неки део целине промени.

Дакле, *SolidWorks* омогућава да дводимензионалну скицу претворите у *3D* модел пуног тела помоћу једноставних, али високо ефикасних алатки за моделирање. *SolidWorks* се не ограничава само на *3D* моделирање, већ генерише и техничке цртеже међусобно повезаних елемената, делова и склопова. Омогућава да се направи виртуелни прототип од лима (енгл. *Sheetmetal*), конструкција заварених елемената, цевовода и хидроинсталација и равног шаблона са умноженим елементом (енгл. *flat pattern*) како би се што једноставније завршило пројектовање и израда одговарајућег модела. *SolidWorks* помаже и у издвајању језгра и шупљине код калуца за изливање модела (енгл. *Mold Tools*). Ово су само неке од мноштва функција којима обилује програмски пакет *SolidWorks*.

Као и други програмски пакети овог типа, и *SolidWorks* ради са типским фајловима, специфичног формата:

- ☞ *sldprt* – фајл који се генерише у оквиру израде модела у режиму рада *Part*;
- ☞ *sldasm* – фајл којим се описује скуп више засебно моделираних делова, груписаних у склоп (енгл. *assembly*) међусобно повезаних скупом услова повезивања (енгл. *mate*);
- ☞ *slddrw* – фајл којим се дефинише генерисана техничка документација, склопни и радионички цртежи са свим придодатим димензијама, објашњењима и сл.

Као део групације *Dassault Systems*, *SolidWorks* служи и као платформски софтвер за многе потпрограме. Било да су они настали унутар корпорације *SolidWorks Corporation*, или као производ независних произвођача, ови потпрограми се могу имплементирати у *SolidWorks* радно окружење и позивати и користити унутар њега. Овде су поменути само неки од тих потпрограма:

- ☞ *SolidCAM*,
- ☞ *Photo Works*,
- ☞ *Feature Works*,
- ☞ *SolidWorks Animator*,
- ☞ *eDrawnings*,
- ☞ *SolidWorks Piping*,
- ☞ *Mold Base*, и многи други.

Моделирање пуних тела треба посматрати као вајање у виртуелном материјалу. Пошто модели пуних тела тачно приказују запремину објеката, могуће је пресећи објекат и добити приказ који показује изглед унутрашњих детаља. *SolidWorks* представља објекте у привидном окружењу, онаквим какви су они и у стварности. Дакле објекти имају запремину, масу, површине и ивице. То, уз изузетну једноставност коришћења, чини програм *SolidWorks* моћном пројектантском алатком. Сложени тродимензионални делови са обликом површинама и пуно детаља у рељефу могу се брзо и лако моделирати програмом *SolidWorks*. После тога, у његовом виртуелном окружењу могуће је склопити пуно таквих делова, чиме се прави рачунарски модел готовог производа. Уз то, традиционални

технички цртежи могу се лако направити од делова модела пуних тела и завршног склопа. Овакав приступ широм отвара врата новим могућностима у пројектовању, убрзава развој производа и умањује грешке приликом пројектовања. Крајњи исход је могућност да се на тржиште веома брзо избаце висококвалитетни производи.

Интерфејс програма SolidWorks

Програм *SolidWorks* је програм за моделирање, заснован на коришћењу функција. То значи да се крајњи модел производа (машинског елемента, на пример) врши постепеним идентификовањем и комбиновањем функционалних облика и применом одређених процеса за креирање тих облика.

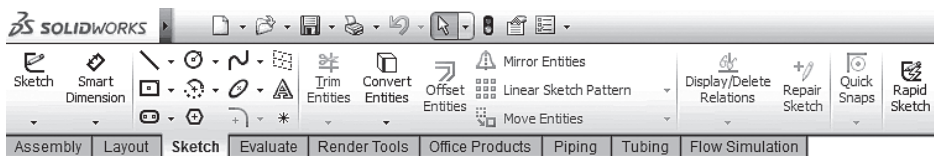
Овде се употребљава термин „моделирање”, а не цртање, дизајнирање и слично. Ово из разлога што је *SolidWorks* програм за креирање виртуелних прототипова производа. *SolidWorks* даје могућност да се на један реалистичан начин визуализују геометријски подаци који одређују неки производ (машински елемент).

Моделирање је процес који је веома сличан изради физичког модела неког производа у радионици. Зато, најбољи начин да се дође до финалног модела производа јесте да се прати процес израде физичког модела. Сваки део тог процеса се извршава неком од команди. Команде се у *SolidWorks*-у могу активирати на четири начина: преко палета алата, избором из менија (са траке менија у врху прозора), из приручног менија (добива се означавањем објекта курсором без померања миша) у коме су доступне алатке које се могу користити на том објекту, или из посебне палете са алатима која се бира из менаџера команди (енгл. *Command Manager*).

Палете са алатима

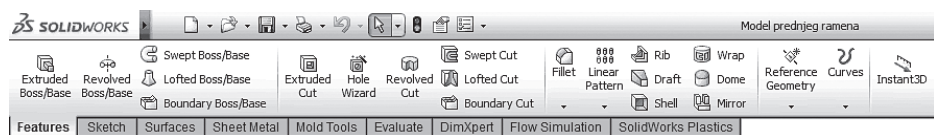
Након отварања новог документа (модела) омогућен је приступ палетама са алатима (енгл. *Toolbars*). Палете алата садрже команде које врше појединачне операције, као што су извлачење треће димензије (енгл. *Extrude*); ротирање скициране површине око дате осе (енгл. *Revolve*);

исецање из чврстог тела (енгл. *Extrude Cut*); креирање отвора са навојем и без њега (енгл. *Hole Wizard*) и слично. Палете са алатима су груписане у картице (енгл. *Tab*), које, као и менији, садрже алате који извршавају одређене, сродне функције. Основна палета алата је палета скице (енгл. *Sketch*), која је уједно и прва палета са алатима која се користи код израде новог модела (слика 2).



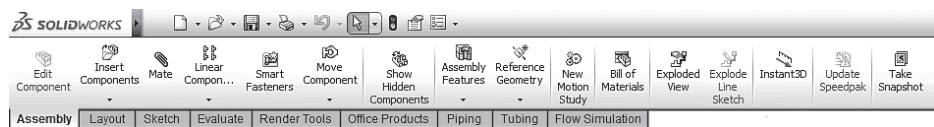
Слика 2: Палета алатија Sketch

Алатке са ове палете служе за цртање и едитовање скица које чине основ за моделирање чврстих тела (модела). Коришћење појединих функција (команди) са ове, као и других палета, биће објашњено на примерима у наставку.



Слика 3: Палета алатија Features

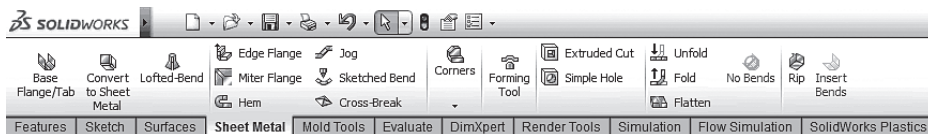
Палета елемената (енгл. *Features*) садржи алате за претварање скице у модел пуног тела, односно за додавање треће димензије скици (слика 3). Да би се дошло до модела неког производа, потребно је, када се заврши скица, из ове палете одабрати одговарајућу алатку за конверзију скице (2D) у тражени елемент (3D).



Слика 4: Палета алатија Assembly

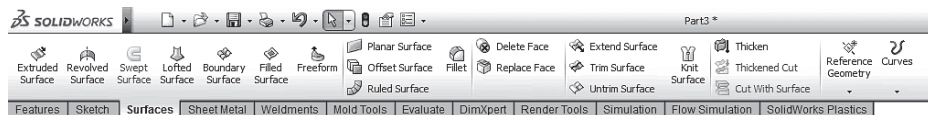
Палета алата за рад са склоповима (енгл. *Assembly*) се користи за креирање склопова, односно састављање појединачних елемената у једну целину, коришћењем услова упаривања (слика 4). Поред те функције, алаткама са ове палете могуће је уређивати положај компоненти склопа, генерисати табеле материјала, креирати расклопљени изглед склопа и друге активности.

Остале палете са алатима се користе за посебне типове модела. За конверзију скице у елемент од лима (танки елементи) користи се палета за рад са лимом (енгл. *Sheet Metal*). У *SolidWorks*-у је могуће правити разноврсне елементе од лима на основу скице коју смо претходно нацртали (слика 5).

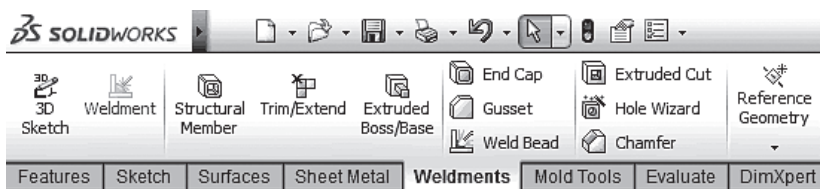


Слика 5: Палета алатија *Sheet Metal*

Палета алатки за израду површине (енгл. *Surfaces*) се користи код креирања сложених површина, које се затим конвертују у елементе пуних тела (слика 6).



Слика 6: Палета алатија *Surfaces*



Слика 7: Палета алатија *Weldments*