

Съдържание

Увод	9
1 Виртуални симулационни методи	10
1.1 Увод	10
1.2 SolidWorks - Инструменти и възможности на базовия модул	10
1.2.1 Потребителски интерфейс	12
1.2.2 Проектиране на детайли	13
1.2.3 Създаване на изделие и връзките, от които е съставено	14
1.2.4 Създаване на чертежи	15
1.2.5 Анализ за надежността на детайла	15
1.2.6 Обмен на данни с други системи за автоматизирано проектиране (САПР)	16
1.3 MathWorks	16
1.4 MatLab	16
1.5 Simulink	17
1.6 SimMechanics	17
1.7 Цел на работата	22
1.8 Изводи	22
2 Проектиране на триизмерен обект	23
2.1 Увод	23
2.2 Снемане на точните размери на Renesas MCU Car	24
2.3 Виртуално моделиране на Renesas MCU Car	25

2.3.1	Дървовидна структура	25
2.3.2	Моделиране на отделните компоненти	27
2.3.3	Групиране на отделните компоненти	31
2.3.4	Обединяване на групите в цялостен модел	31
2.4	Виртуално моделиране на тестова писта	32
2.5	Изводи	32
3	Моделиране и симулация на смесена механично-електрическа система	33
3.1	Увод	33
3.2	Изграждане на симулационен модел	33
3.2.1	Структура на създадения Simulink модел	34
3.2.2	Kinematics Subsystem	37
3.2.3	Virtual Sensors Subsystem	37
3.2.4	Control Algorithm	37
3.3	Оптимизация на локационна сензорна система	38
3.4	Изводи	39
Заключение		40
А	Модел на Renesas MCU Car	41
Б	Изграждане на симулационен модел	51
В	Оптимизация на локационна сензорна система	56
Г	Принцип на работа със SolidWorks	59
Г.1	Дървовидна структура при работа с продукта	59
Г.2	Преимущества на двата начина на моделиране	59
Г.3	Моделиране на детайл	60
Г.4	Обединение на група от детайли с цел постигане на желаното изделие	63
Г.5	Съставяне на чертеж на детайл или изделие	67
Г.5.1	Чертеж на детайл	68

Списък на фигурите

1-1	Потребителски интерфейс	12
1-2	Модел на махало от две звена	18
1-3	Махалото пресъздадено чрез елементи в Simulink	19
1-4	Кординатни системи на махалото	20
1-5	Scope	21
1-6	Схема на цялостния процес	22
2-1	Снимка на Renesas MCU Car, Отбор: ТУЕС	24
2-2	Горен слой - съставен главно от асемблита	26
2-3	Част от шаси	29
2-4	Дистанционна втулка	29
2-5	Държач на предна ос	29
2-6	Част от двигателната кутия	30
2-7	Зъбно колело	30
2-8	Ос на задно колело	30
2-9	Двигателен блок	31
2-10	LineChange и завой на 90°	32
3-1	Цялостния създаден Simulink модел	35
3-2	Kinematics Subsystem	35
3-3	Virtual Sensors Subsystem	36
3-4	Control Algorithm	36
A-1	Горен слой - съставен главно от асемблита	42

A-2	Долен слой - асемблита: "5-6-7"и десен двигателен блок	42
A-3	Долен слой - асемблита: ляв двигателен блок, "4"и задни колела .	43
A-4	Долен слой - асемблита: "1-2-3"и крепежни елементи	43
A-5	Дървовидна структура на пистата	44
A-6	Част от шаси	45
A-7	Дистанционна втулка	45
A-8	Държач на предна ос	45
A-9	Част от двигателната кутия	46
A-10	Зъбно колело	46
A-11	Ос на задно колело	46
A-12	Двигателен блок	47
A-13	Renesas MCU Car, завършен модел в средата SolidWorks	47
A-14	Renesas MCU Car, завършен модел в средата SolidWorks	48
A-15	Изглед отзад на Renesas MCU Car	48
A-16	Сензорна система на Renesas MCU Car	49
A-17	Серво механизъм на Renesas MCU Car	49
A-18	Renesas MCU Car на пистата	50
A-19	Отблизо: Renesas MCU Car на пистата	50
 Б-1	 Изглед на триизмерния модел в Mechanics Explorer	51
Б-2	Цялостния създаден Simulink модел	52
Б-3	Kinematics Subsystem	53
Б-4	Virtual Sensors Subsystem	54
Б-5	Control Algorithm	55
 В-1	 Резултати отчетени за всеки един от инфрачервените детектори .	58
Г-1	Скица на детайла	60
Г-2	Създаване на Part документ	61
Г-3	Модел на детайла - етап 1	62
Г-4	Модел на детайла - етап 2	62

Г-5 Модел на детайла - етап 3	62
Г-6 Създаване на Assembly документ	63
Г-7 Опорната част на новия модел	64
Г-8 Детайлите, които ще се използват в модела	64
Г-9 InfraredDiode и платката за сензори	65
Г-10 Използване на инструмента Mate	66
Г-11 Готовия модел	66
Г-12 Създаване на Drawing документ	67
Г-13 Създаване на Drawing документ	68
Г-14 Основни изгледи на чертежа	69
Г-15 Използване на инструмента Smart Dimension	69
Г-16 Изгледа Isometric Exploded	70

УВОД

В тази дипломна работа ще бъдат изложени съставянето и симулирането на смесени механично-електрически системи. Моделиране на триизмерни механични обекти, чрез инженерната среда SolidWorks. Триизмерният обект ще бъде подготвен и внесен в средата за математически симулации MatLab/Simulink. Ще се извършат смесени механично-електрически симулации и оптимизация на локационна сензорна система.

Ще бъдат описани подходящи методи за извършване на виртуални симулации в смесени области. Ще се разгледа структурата на Simulink модела, кинематичната система, виртуалните сензори и контролния алгоритъм.

Глава 1

Виртуални симулационни методи

1.1 Увод

В тази глава са описани подходящи методи за извършване на виртуални симулации в смесени области, например смесена симулация между механични движения, електрически актуатори и програмно осигуряване. Триизмерните обекти се контролират от електрически актуатори, управявани от микроконтролер. Показана е среда за инженерно проектиране (SolidWorks) и среда за извършване на симулации (MatLab/Simulink). Целта е да се пренесе разработката на сложно програмно осигуряване във виртуална среда и да се постигне оптимален контрол на физически обекти от микроконтролер. Това намалява времето и усилията за разработка на програмно осигуряване.

1.2 SolidWorks - Инструменти и възможности на базовия модул

SolidWorks [1, 6] е система за автоматизирано проектиране, създадена за използване от персонален компютър в операционна среда Microsoft Windows. SolidWorks използва принципа на триизмерно твърдотелно и повърхностно параметрическо проектиране, което позволява на конструктура да създава обемни

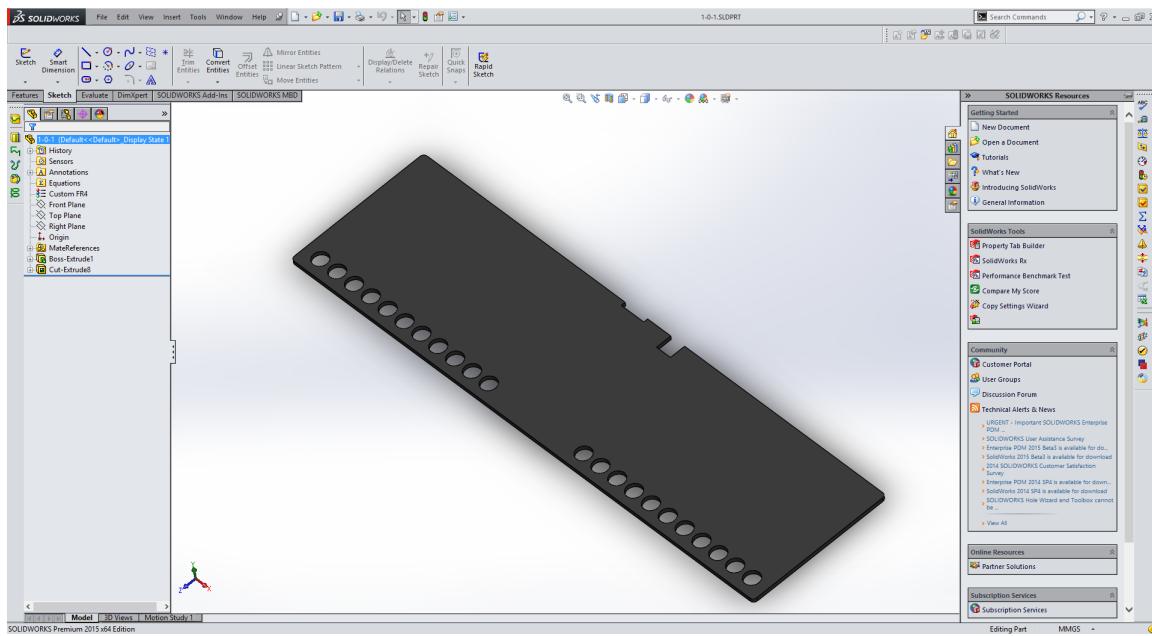
детайли и да ги компанова във вид на триизмерни виртуални модели, чрез които се създават двумерни чертежи и спецификации в съответствие с изискванията на Единната система за конструкторска документация (ЕСКД).

Триизмерното моделиране на изделията дава редица предимства пред традиционното двумерно проектиране. Например изключването на грешки при слободяване на изделието още на етапа на проектиране. С помощта на програмата SolidWorks може да бъде видяно бъдещото изделие от всички страни и да му се придае реалистичен изглед в съответствие с избрания материал, за да се направи предварителна оценка на дизайна.

Триизмерното изделие се получава в резултат на комбинация на триизмерни части. Елементите са основават на скици, по които се създава базов триизмерен обект. Последователното натрупване на триизмерни обекти позволява да се получи желания резултат.

Взаимовръзката между модела и чертежа гарантира, че всички направени изменения в детайла автоматично се предават на свързания с него чертеж. Има допълнителни модули, които позволяват да се разширят базовите възможности със следните функции за:

- създаване на фотореалистични изображения (PhotoWorks)
- разпознаване дърворидната структура на модели, проектирани на други CAD системи (FeatureWorks)
- създаване на презентационни видеа на изделие проектирано в средата SolidWorks (SolidWorks Animator)
- триизмерно разположение на кабели на електрическа система и тръбопроводи (SolidWorks Routing)
- създаване на възможности за преглеждане на чертежи и модели от изработчици и клиенти неразполагащи със SolidWorks (eDrawings).



Фигура 1-1: Потребителски интерфейс

1.2.1 Потребителски интерфейс

На фигура 1-1 е показан потребителският интерфейс на SolidWorks.

Десният панел представлява графична област, в която се изпълняват различни операции над детайл, механизъм, съставен от детайли или чертеж.

В лявата част е разположен панел (Feature Manager), който отразява информация за дървовидната структура на модела. Чрез него могат да се променят и управляват елементите за построеие на модела, без да е нужна повторната му цялостна направа.

Управляващият свойствата (PropertyManager) изобразява информация за всички възможни параметри на множество от такива функции като скици, закръгления, построяване на елементи, повърхности, интерфейс за монтаж на елементи и т.н.

Библиотеката за материали в SolidWorks позволява да се определя материал за детайла. Могат да се създават нови материали чрез въвеждане на характеристики в базата от данни към библиотеката.

За удобство при проектирането има всички необходими инструменти за преглеждане на информация в областта на моделирането - избор на стандартни ви-

дове увеличение и въртене на модела, създаване на бързи аналитични разрези и др. Стандартните функции на Windows осигуряват работа с файлове (създаване, запазване, ...) и отпечатване на чертежи на триизмерни модели.

1.2.2 Проектиране на детайли

Триизмерният обект се основава на плоски или триизмерни скици. За начертаване на скица съществува голямо количество различни инструменти, действащи в съвкупност с „умни“ връзки, които позволяват да се строят:

- прави и окръжности
- скъсяване и удължаване на линии
- огледален образ и копиране на обект
- направа на закръгления и фаски
- автоматично или ръчно оразмеряване
- създаване на геометрически взаимовръзки
- проектиране скица на контурите на избраните елементи и т.н.

Инструменти за проектиране на триизмерни елементи:

- свиване и разширяване на скицата или избрания контур в произволно направление
- разглеждане на сечение на елемента
- придаване дебелина на повърхността
- клас на точност
- въртене по ос на сечение, траектория, равнина или повърхност
- получаване на закръгления (с постоянен или променлив радиус) и фаски

- построяване на купол
- възможност за мултилициране на даден елемент
- създаване на конструктивна документация на детайла

При моделирането на триизмерния обект се използва спомагателна геометрия. В SolidWorks има възможност за построяване на равнини, оси и точки в пространството, които могат да бъдат избрани като отправни за самия детайл или група от детайли.

1.2.3 Създаване на изделие и връзките, от които е съставено

Създаването на изделие в SolidWorks се осъществява по три основни метода: „отдолу-нагоре“, „отгоре-надолу“ или чрез тяхното съчетаване. При проектиране „отдолу-нагоре“ първо се създават детайлите, като след това се създават връзките между тях, съгласно изискванията на проекта. Методът за проектиране „отгоре-надолу“ се отличава с това, че първоначално се проектират връзките между детайлите. Този метод позволява да се създават препратки към геометрията на изходния модел, така че когато се променят размери на детайли, то самия модел се обновява автоматично.

За повишаване производителността и удобството при работа с голямо количество от връзки, направени между десетки хиляди детайла, в SolidWorks е предвиден специален режим, позволяващ намаляване на времето за зареждане на файла и рационално разпределение на ресурсите на компютъра за сметка на точността на изобразената графично информация.

Чрез съществуващите взаимовръзки между компонентите на модела е възможно пресъздаване на движението на механизма. За тази цел към един от взаимосвързаните компоненти, имащ съответните степени на свобода, се прилагат движещи сили способни да имитират постъпателно или въртеливо движение,

придързване и изтласкване от пружина или действието на гравитационната сила.

1.2.4 Създаване на чертежи

Оформянето на чертежа в SolidWorks се осъществява в съответствие с изискванията на ЕСКД.

В основата на чертежа лежи триизмерния модел на детайла. Между детайла и чертежа имат взаимовръзка, която автоматично обновява чертежа при изменение на детайла. Това осигурява постоянното съответствие между модела и чертежа. На чертеж може да бъде пренесен стандартен или всеки друг изглед на модел, в това число и изометричен. Степента на автоматично проектиране на чертежа се постига чрез промяна в настройките.

За оформяне на чертежа съществуват инструменти, позволяващи:

- автоматично получаване на комбиниран изглед, разрези и сечения
- нанасяне на размери и обозначаване на вида на повърхностите
- добавяне на бележки и технически условия
- автоматично или ръчно позициониране на изгледите на модела
- автоматично формиране на спецификацията
- указване на допуските чрез вградената база от данни
- автоматично попълване на основните надписи
- копиране на изгледи и създаване на чертежи и т.н.

1.2.5 Анализ за надежността на детайла

В базовия пакет SolidWorks съществува модул COSMOSXpress, чието използване позволява бързо пресмятане на здравината на детайла при дадено натоварване. Това се прави с цел намиране на „кофициента на запас“. В резултат

COSMOSXpress позволява да се определят зоните на напрежение и да се постигне максимално ефективно използване на материала за сметка на намаляване теглото на елементите, от които е съставена конструкцията, като това не трябва да се отразява на „кофициента на запас“.

1.2.6 Обмен на данни с други системи за автоматизирано проектиране (САПР)

SolidWorks включва в себе си голямо количество транслатори, като неутралните: IGES (*.iges); ACIS (*.sat); STL (*.stl); STEP (*.step, .stp); VDAFS (*.vda); VRML (*.wrl); Parasolid (*.x_t, *.x_b, *.xmt_t_xt, *.xmt_b_in), CAD – : AutoCad (*.dxf, *.dwg).

1.3 MathWorks

MathWorks е корпорация водеща в разработването на математически изчислителен софуер. Инженери и учени по целия свят използват продуктите на MathWorks с цел открития, иновации и разработка.

1.4 MatLab

MatLab [2, 7] е диалогова програмна система за провеждане на научно-технически изчисления. Тя интегрира в себе си възможностите за аналитични преобразувания, числени пресмятания и графично представяне на получените резултати. Ориентирана е към работа с масиви от данни – вектори, матрици, многомерни масиви, масиви от клетки и масиви от записи. От тук идва и наименованието MATLAB - MATrix LABoratory. Това позволява с един единствен оператор да се извършват едновременно действия над всички елементи на масива, без необходимостта от организиране на цикли. В системата са вградени функции, решаващи основни задачи от линейната алгебра, числения анализ, обработка на експериментални данни, двумерна и тримерна графика, анимация и др.

MatLab има вграден програмен език от високо ниво, позволяващ работа на системата не само в режим на калкулатор, но и в програмен режим.

Милиони инженери и учени от цял свят използват MatLab за анализиране и създаване на системи и продукти, променящи нашия свят.

1.5 Simulink

Simulink [5] е графична среда служеща за симулация на модели, позволяваща изграждането на блокови диаграми с цел реализацията на динамични системи. Средата Simulink позволява използването на библиотеки, в които се намират готови блокове с цел реализация на електрични, механични и хидравлични системи.

Съществуват допълнителни пакети, позволяващи реализацията на задачи от всякакъв вид, от това как работи самия модел до тестове и проверки и автоматичното създаване на компютърен код.

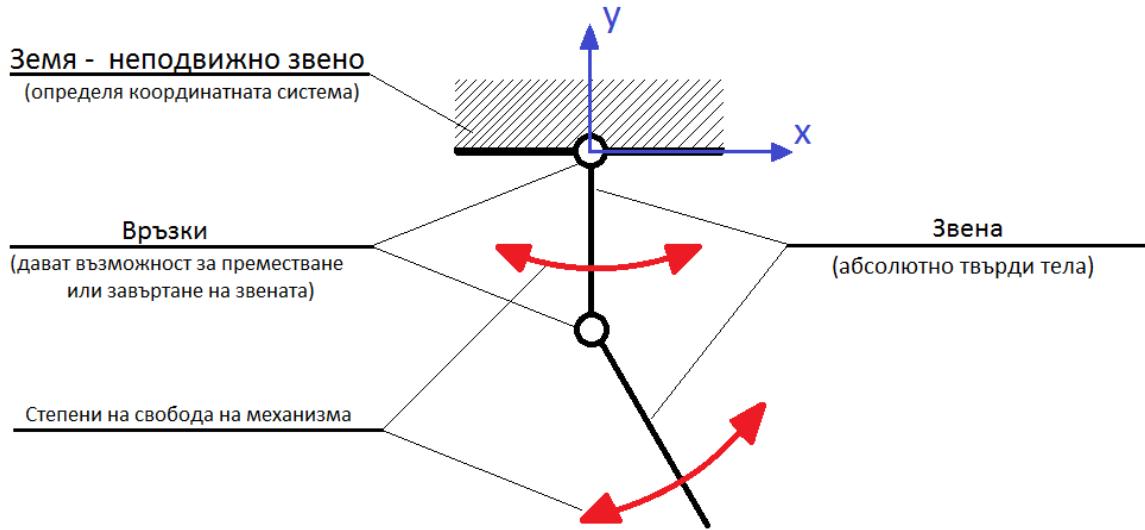
Вграждането на Simulink в средата MatLab позволява използването на вградени математически алгоритми, мощни средства за обработка на данни и за изобразяване на информация под формата на графики.

Simulink Library Browser е средство за работа с библиотеките предоставени от Simulink, които се използват най-често при създаване на системи.

1.6 SimMechanics

Като правило, моделирането на обекти, освен за чисто научни цели, може да има и приложно значение. За проектиране и анализ на механични системи (например - различни кинематични вериги) отдавна е разработен специален физико-математически апарат.

SimMechanics [3, 4] представлява пакет, разширяващ системата Simulink и служи за физическо моделиране. Целта му е техническо проектиране и моделиране на механични системи съгласно законите на теоретичната механика. SimMechanics

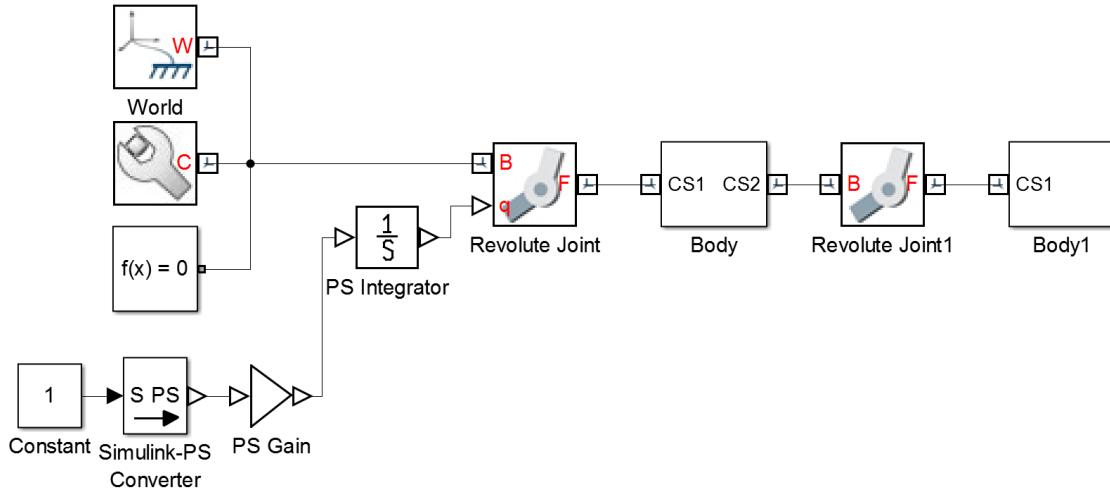


Фигура 1-2: Модел на махало от две звена

позволява да се симулират постъпателно и въртеливо движение в три равнини. SimMechanics съдържа в себе си набор от инструменти за задаване параметри на звената (маса, инерционен момент, геометрични параметри), кинематични ограничения, локални координатни системи, начини за задаване и измерване на движение. Продуктът позволява създаването на модели на механични системи подобни на други Simulink модели във вид на блок-схеми. Допълнително вградените инструменти за визуализация в Simulink позволяват да се получи опростено изображение на триизмерните механизми, както в статика, така и в динамика.

Всеки механизъм може да се представи, като съвкупност от звена и връзки. Например двузвенното физическо махало представлява последователно съединение на следните елементи (фиг. 1-2):

- неподвижно звено (земя);
- шарнирно съединение (позволяващо на първото звено една степен на свобода – въртене в равнината xy);
- първото звено (звеното представлява абсолютно твърдо тяло);
- шарнирно съединение между първото и второто звено (ограничава степените на свобода на второто звено, като позволява също въртене само в



Фигура 1-3: Махалото пресъздадено чрез елементи в Simulink

равнината xy);

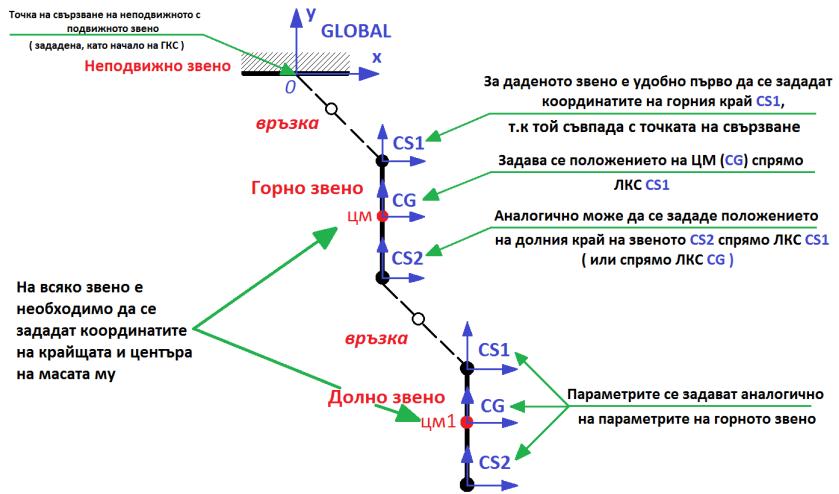
- второто звено (звеното представлява абсолютно твърдо тяло).

Simulink модел на такъв механизъм се построява по аналогичен начин (фиг. 1-3). За изходен елемент на модела служи звеното Ground – земя. Към него е присъединен елемента Revolute (т.e. връзка позволяваща на следващото звено въртене само около указаната ос - z). Непосредствено след него следва физическото махало – Body. Като параметри на това звено е необходимо да се посочат масата му, инерционния момент спряма главните централни оси на симетрия, а също така и координатите на горния и доления му край и центъра на масата му. При това координатите могат да бъдат задавани както в глобалната, така и в локалните координатни системи.

Аналогично към първото звено посредством шарнирното съединение Revolute 1 се присъединява второ звено Body 1.

За да започнат звената на проектираният механизъм движение, необходимо е или да се добави движеща сила или да се зададат начални условия (например - начално отклонение или начална скорост).

На симулационния модела са показани звената, колебаещи се по законите на класическата механика (физика на твърдото тяло). Показани са и локалните им



Фигура 1-4: Кординатни системи на махалото

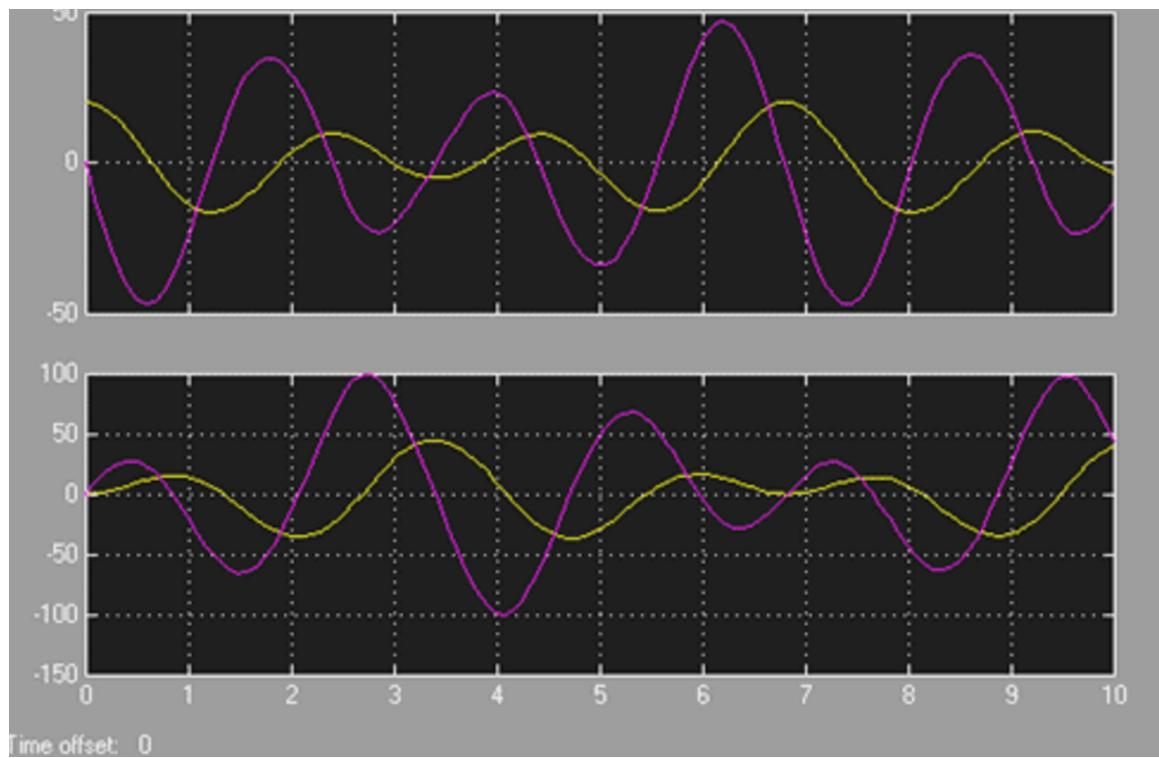
кординатни системи.

Въпросът за избор на една или друга координатна система е много важен. Правилният избор на координатна система облекчава значително симулирането на механизма и интерпретирането на резултатите.

При симулирането на дадения механизъм се използвани следните координатни системи (фиг. 1-4).

Неподвижната глобална координатна система Global се намира в точката на свързване на неподвижното с горното звено (колоянето на махалото). Задаване координатите на точките на горното звено на махалото може да се извърши по различни начини, в това число и просто да се дадат техните стойности спрямо глобалната координатна система. Това, обаче, невинаги е удобно.

Горния край на първото рамо се свързва с неподвижното звено и затова неговите координати съвпадат с началото на глобалната координатна система. Тези координати се задават чрез Global [0, 0, 0]. Нека рамото има дължина L и симетрия относно главната централна инерционна ос. Положението на центъра на масата му е удобно да се зададе, вече не спрямо глобалната координатна система, а в новосъздадена локална координатна система, чието начало е в горния край на рамото, т.е. в CS1. Тогава координатите на центъра на масата може да се зададат като CS1 [0, -L/2, 0]. Аналогично долният край може да се зададе



Фигура 1-5: Scope

като CS1 $[0, -L, 0]$.

Въпреки факта, че началото на CS1 съвпада с началото на голбалната координатна система, трябва да се има предвид, че CS1 принадлежи на горното рамо, което означава, че може да се завърта относно точката Global $[0, 0, 0]$. Глобалната координатна система винаги е неподвижна. Нейното начало може и да не съвпада с точката на свързване на неподвижното звено (например, когато неподвижните звена в механизма с няколко).

Наред с визуалното наблюдение на свободни (при зададени начални условия) или принудителни (при приложена външна сила) движения, може да се анализират законите, отнасящи се за всяка точка от механизма. За целата е необходимо при зададени координати на звената да се укажат съответните за интересуващата ни точка и към изхода на съответстващия Simulink-блок да се включи блок-датчик (Sensor).

Датчиците могат да регистрират ъглово и линейно движение, скорост и ускорение едновременно. От изхода на датчика данните обикновено се извеждат на



Фигура 1-6: Схема на цялостния процес

осцилоскоп Scope (фиг. 1-5). 100 mm

1.7 Цел на работата

В следващите глави се описва процеса (фиг. 1-6) при който от моделиране на триизмерен модел се стига до генериране на С код. Това става посредством използването на SolidWorks, MatLab, SimMechanics и Simulink Coder.

1.8 Изводи

В тази глава са описани инструменти за проектиране и симулация на триизмерни обекти. В резултат на направеното проучване се заключи, че е необходимо да се построи триизмерен виртуален модел на управлявания агент. Моделът ще послужи за извършване на смесени симулации. Това ще доведе до скъсяване и оптимизиране на разработваното програмно осигуряване за автономния автомобил.

Глава 2

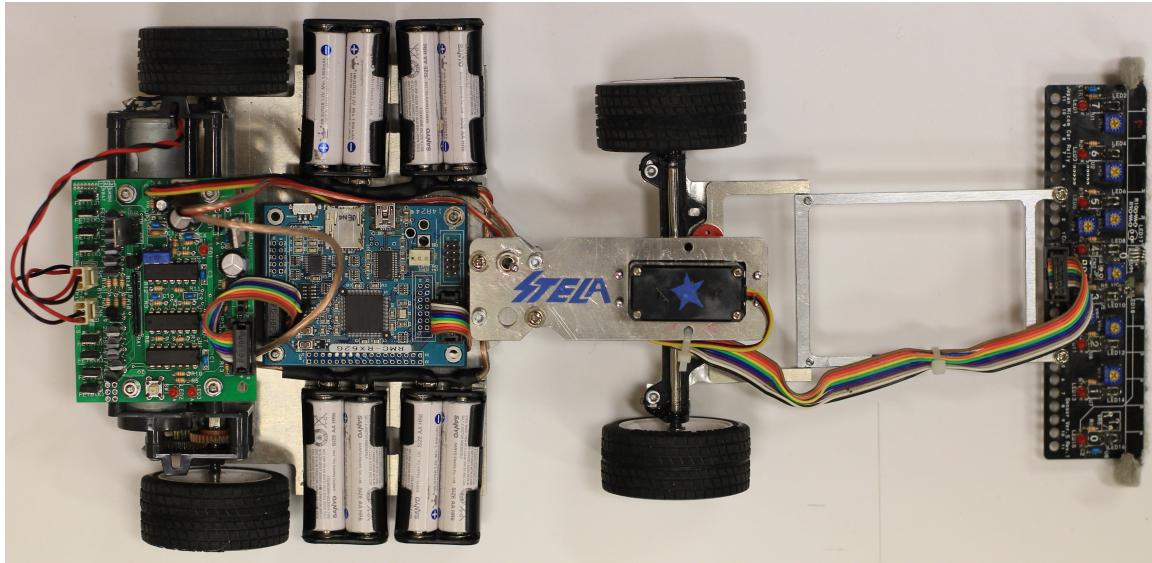
Проектиране на триизмерен обект

2.1 Увод

Глава 2 показва проектиране на триизмерен обект с цел извършване на съмсени механично-електрически симулации. Изложено е проектиране на основни части от триизмерния модел в средата SolidWorks.

На снимката е показана количката Renesas MCU Car (фиг. 2-1), с която отбор ТУЕС участва на европейското рали за роботизирани коли Renesas MCU Car Rally 2016.

Изцяло е запазен базовият модел, с изключение на това, че някои пластмасови компоненти са заменени от метални (дуралуминий). Тази промяна бе необходима поради факта, че заменените пластмасови компоненти влияеха непредвидимо върху държанието на количката върху пистата. Създаването на триизмерно представяне на базовия модел, предоставен от Renesas, допринесе и за направата на дуралуминиевите части. Елементите вече бяха проектирани в SolidWorks и се предоставиха за изработка.



Фигура 2-1: Снимка на Renesas MCU Car, Отбор: ТУЕС

2.2 Снемане на точните размери на Renesas MCU Car

Преди да бъде започнато самото триизмерно проектиране на даден компонент от количката е необходимо да се направят точни измервания на него. За да не се налагат чести корекции върху витуалния модел, най-добрият вариант е да се направят измервания на група от компоненти, свързани помежду си. Този подход предоставя възможност за проверка и предотвратяване на грешките още в началото на процеса.

За всяка отделна част от количката е направена скица на ръка, върху която се нанасят отчетените размери.

Понеже количката е съставена от много различни елементи, то се налага разделянето ѝ на няколко отделни секции:

- предна секция
- свързваща секция
- задна секция
- двигателни блокове

- крепежни елементи

Тази структура се запазва и при моделирането ѝ в SolidWorks, което ще бъде обект на представяне в следващия раздел.

Предната секция се състои от платката със сензорите, придържащи я рамене, предните гуми, осите и опората върху която се намират.

Свързващата секция съдържа само една част от шасито, но и серво механизъм, който позволява самостоятелното движение на предната секция.

Задната секция служи за основа на моторите. Тя заема най-голяма площ.

Двигателните блокове са сложни конструкции и при тях прецизността е от най-голямо значение.

Крепежните елементи представляват всички свързващи компоненти, обединяващи останалите секции.

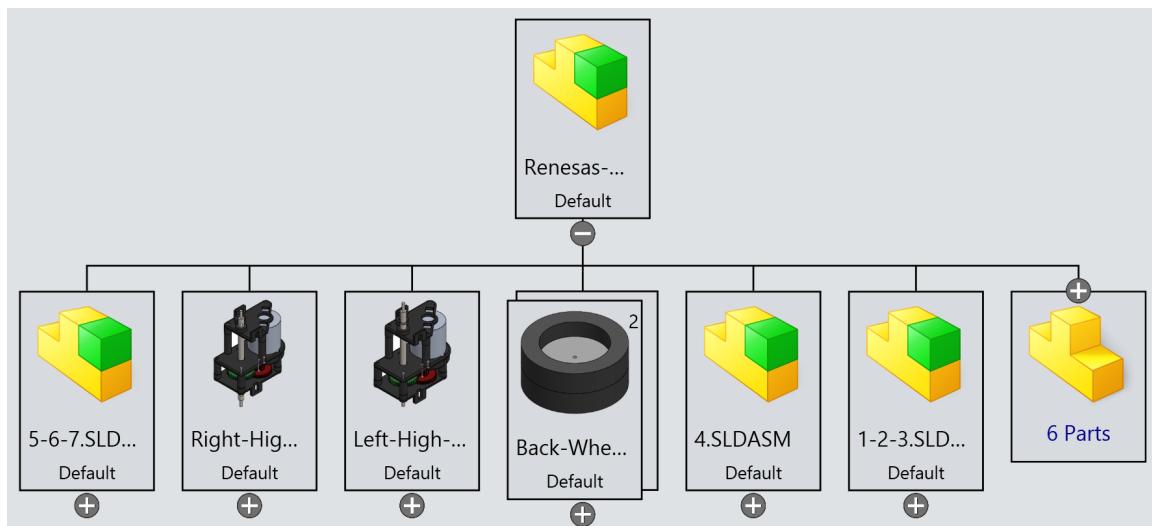
2.3 Виртуално моделиране на Renesas MCU Car

Средата, избрана за моделиране на Renesas MCU Car е SolidWorks, продукт, с който не съм работил преди. С всеки отделен елемент, съставящ количката се откриват по-интелигентни начини за постигане на желания резултат. Поради това неколкократно се наложи опростяване на скиците на отделни елементи, съставящи модела.

В тази секция ще се изложат най-любопитните ситуации и техники, изграждащи по-сложни компоненти, тяхното групиране и обединението на тези групи в цялостен модел. Но преди това ще бъде изложена цялостната дърводидна структура на изградения модел.

2.3.1 Дърводидна структура

Изборът на тази дърводидна структура се дължи на измерванията, упоменати в точка 2.2 от тази глава. Тя е изградена от два слоя:



Фигура 2-2: Горен слой - съставен главно от асемблита

- горен - представлящ асемблитата, изграждащи цялостния модел (изключение правят - крепежните елементи)
- долен - представлящ всеки един от детайлите, изградждащи асемблитата.

На фигура 2-2 е показан горния слой. Състои се от шест асемблита и шест вида крепежни елементи:

- "5-6-7"-задна секция
- десен двигателен блок
- ляв двигателен блок
- задни гуми
- "4"-свързваща секция
- "1-2-3"-предна секция
- крепежни елементи

Наименованията на три от горепосочените асемблита, произлизат от тези на папките, съдържащи детайлите изграждащи ги (пр. "5-6-7" от папки, наименовани съответно "5" "6" и "7").

На фигури A-2, A-3 и A-4 са представени детайлите, съставящи долния слой. При него преобладаващи са отделните елементи.

2.3.2 Моделиране на отделните компоненти

Понеже няма как да бъде описан процеса на моделиране на всеки един различен детайл изграждащ триизмерния модел (54 на брой), то ще се разгледат тези, изискващи използването на повече различни инструменти:

- част от шаси "4-0-1" (фиг. A-3)
- дистанционна втулка "5-0-1" (фиг. A-2)
- държач на предна ос "3-1-1" (фиг. A-4)
- двигателен блок (фиг. A-3)
 - част от двигателната кутия "Box-Part-1"
 - зъбно колело "Green-Gear"
 - ос на задно колело "Axe"

Част от шаси

Детайлът се създава от една скица. За направата на отворите се използват инструментите Circle и Linear Pattern. Избраният отвор се мултилицира нужния брой пъти по широчина и дължина, като се задава и разстоянието на всяко от копията спрямо съседното. Фигура 2-3.

Дистанционна втулка

Детайлът се създава от три скици. На базата на първата скица се изгражда шестостенния му профил. Останалите две служат за направата на отвори, отнемайки "материал" от детайла. Фигура 2-4.

Държач на предна ос

Направата на този детайл изисква използване на три скици, дефиниране на равнина различна от създадените по подразбиране (Front, Top и Right) и употреба на инструмента Fillet, позволяващ заобляне на избраните ръбове. Фигура 2-5.

Част от двигателната кутия

Това е най-сложната проектирана част съставяща модела. За изработката ѝ са нужни шест скици и използване на инструмента Fillet. Фигура 2-6.

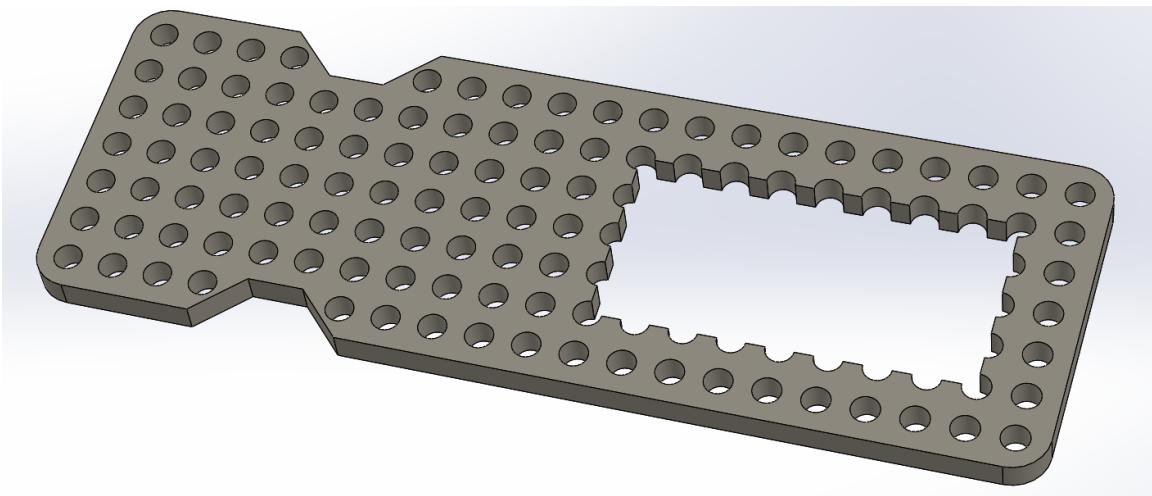
Зъбно колело

Направата на зъбното колело се осъществява чрез използване на три скици. Първата определя формата и броя на зъбите. След проектирането на първия зъб, за проектиране на останалите, описващи окръжност, се ползва инструмента Circular Pattern. Фигура 2-7.

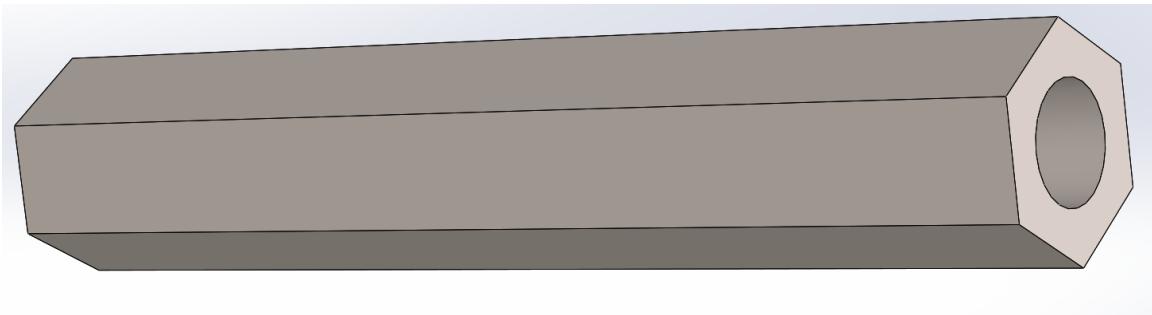
Ос на задно колело

Оста е моделирана на базата на две скици. Върху първата се използва инструмента Revolve, който я проектира в 360° пространство. Чрез употребата на инструмента Hole Wizard върху втората скица се "издълбава" отвора. След това се създава огледален образ на елемента, за да се получи желания резултат. Този огледален образ се постига чрез употребата на инструмента Mirror. Фигура 2-8.

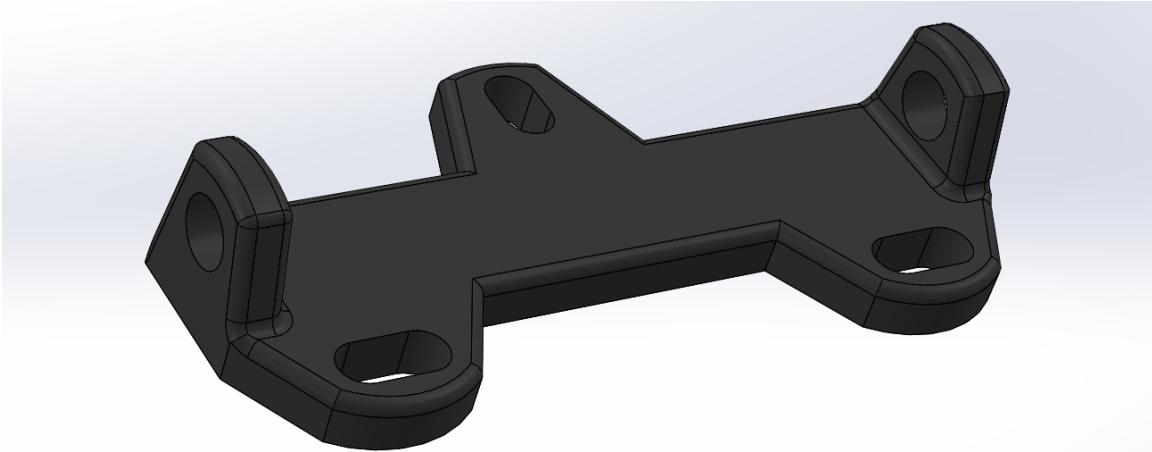
Важна част от моделирането на всеки детайл е слагането на материал и придаването на цвят, възможно най-близки до реалните. Цветът дава усещане за близост до реалния моделиран обект. Материалът придава физичните свойства на елемента, които са необходими за точна симулация (четвърта глава).



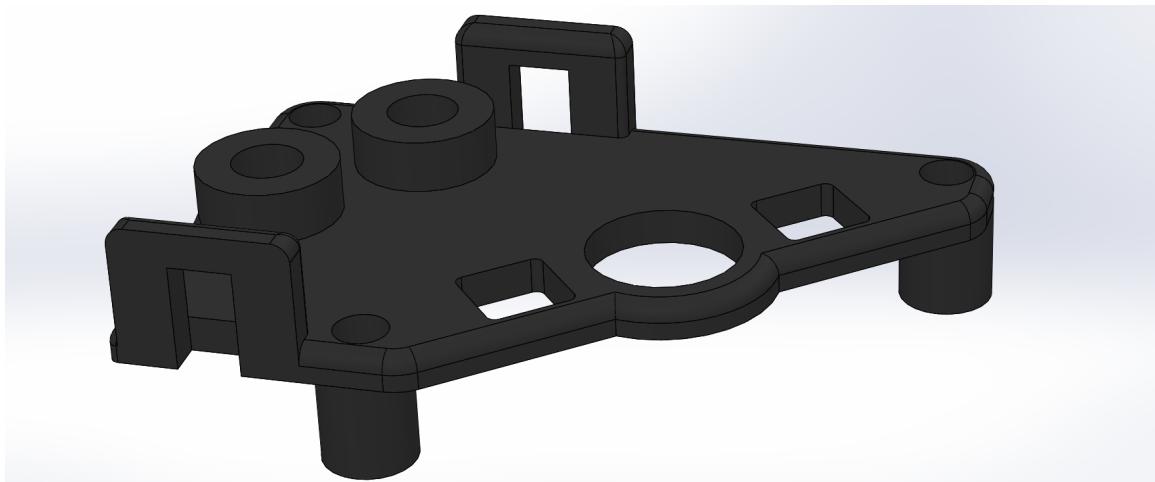
Фигура 2-3: Част от шаси



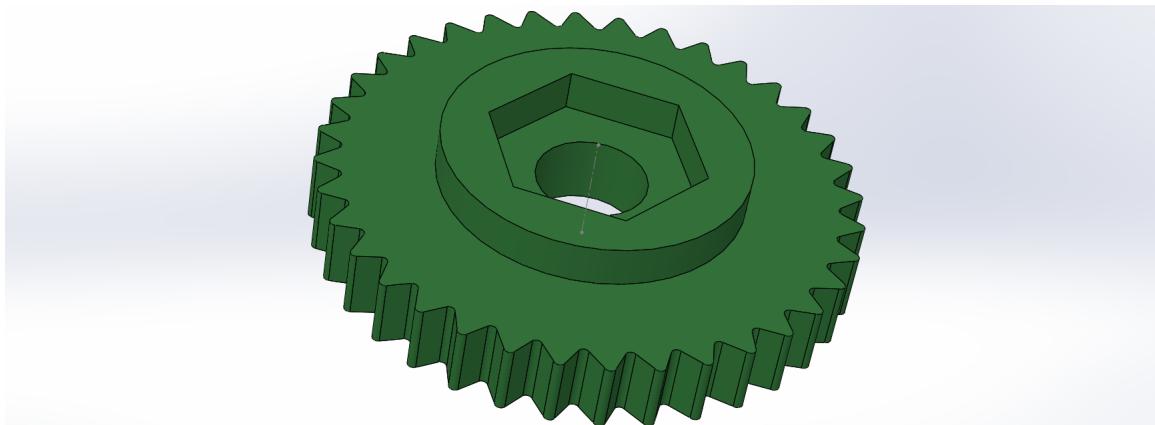
Фигура 2-4: Дистанционна втулка



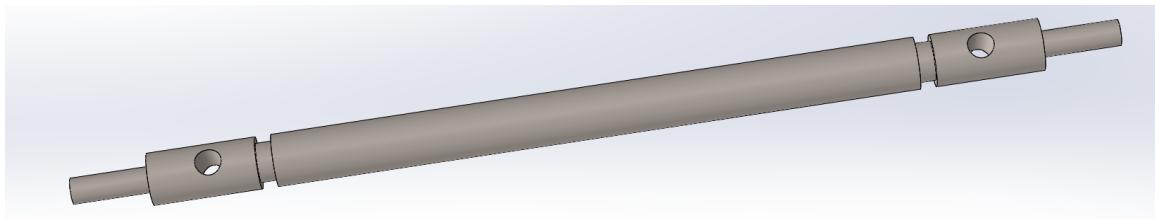
Фигура 2-5: Държач на предна ос



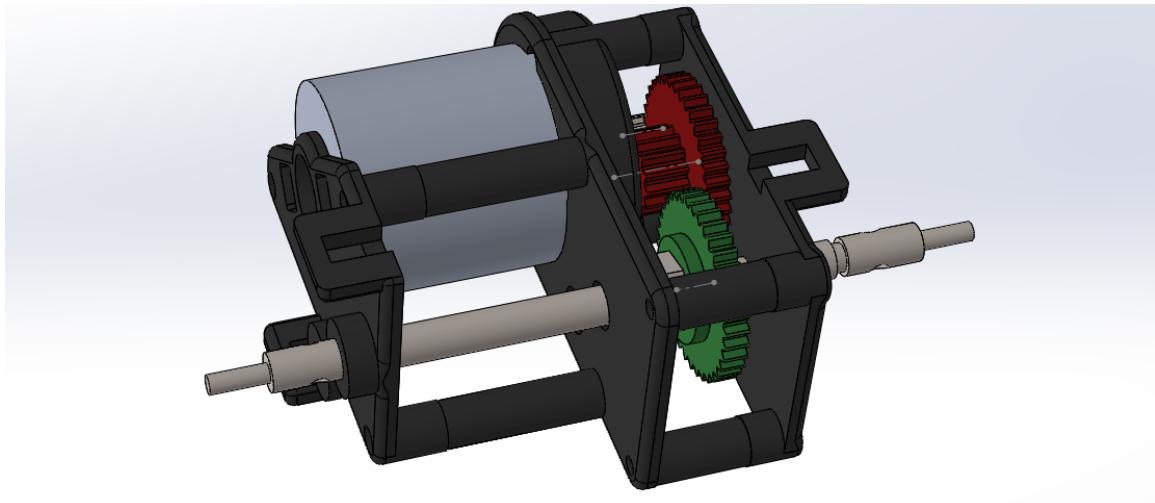
Фигура 2-6: Част от двигателната кутия



Фигура 2-7: Зъбно колело



Фигура 2-8: Ос на задно колело



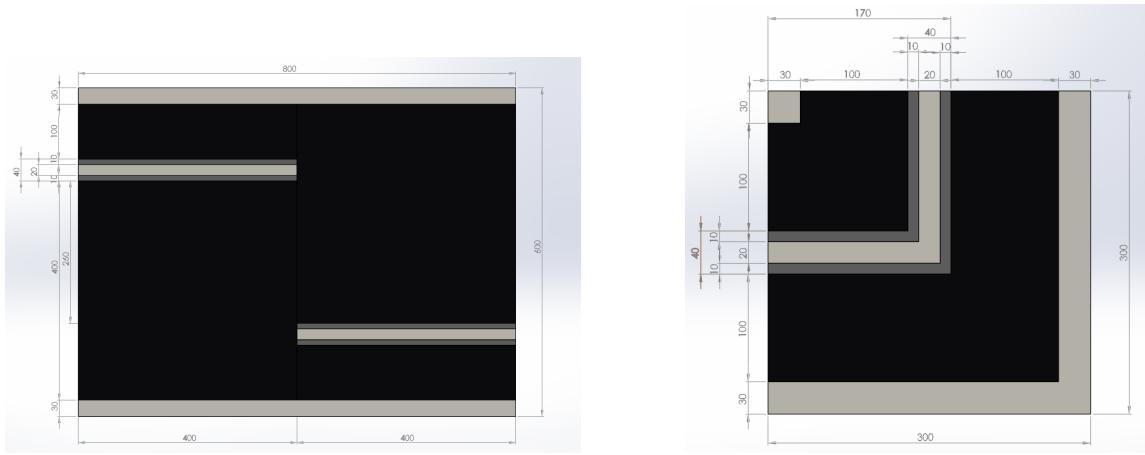
Фигура 2-9: Двигателен блок

2.3.3 Групиране на отделните компоненти

Най-добър пример за групиране на отделните компоненти дава двигателния блок. Той се състои от осемнадесет компонента, дванадесет от които са различни. За създаване на връзки между детайлите се използва инструмента Mate. Важно е да се направят достатъчен брой добре обмислени свързвания, за да се избегне нежелано държание на някои детайли при симулацията на модела. Четвърта глава описва изграждането на симулационния процес. Двигателният блок може да се види на фигура 2-9.

2.3.4 Обединяване на групите в цялостен модел

След като са компоновани елементите, остава единствено те да бъдат обединени в цялостен триизмерен модел на Renesas MCU Car. Групите от детайли представляват горният слой от дърводидната структура, за който е разяснено в секция 2.1 от тази глава. Както в процеса на обединяване на детайлите в групи, то и тук се използва инструмента Mate. Цялостният модел може да се види на фигура А-13.



Фигура 2-10: LineChange и завой на 90°

2.4 Виртуално моделиране на тестова писта

Неотменна част от симулацията е наличието на писта, върху която да се следи държанието на колата. Моделираната писта има размери три на два метра и в нея присъстват и двата вида препятствия, съществуващи при реалната писта на състезанието. Това са LineChange и завой на 90° показани на фигура 2-10. Пистата е съставена от 59 различни детайла, обединени в 8 групи. На фигура А-5 е представена дърворидната ѝ структура.

2.5 Изводи

В тази глава е представен цялостния процес на използване на продукта SolidWorks, от моделирането на отделни детайли, до обединението им в цялостен триизмерен модел на изделие. Направен е изводът, че за извършване на смесена симулация, триизмерният модел трябва да има специфична структура.

Глава 3

Моделиране и симулация на смесена механично-електрическа система

3.1 Увод

В глава 3 е показано моделирането и извършването на смесена механично-електрическа симулация. За тази цел са разгледани структурата на Simulink модела, кинематичната система, виртуалните сензори и контролния алгоритъм. Показана е оптимизация на локационната сензорна система.

3.2 Изграджане на симулационен модел

Триизмерният модел е напълно готов. Следващата стъпка е импортването му в SimMechanics. Това става чрез използване на инструмента SimMechanics Link, създаваш .xml файл, съдържащ всички характеристики на модела. Чрез употреба на функцията smimport(xmlFileName) в програмната среда MatLab, където xmlFileName е .xml файла, се генерира Simulink модел изграден от блокове, съответстващи на триизмерния.

В този модел съществуват двата блока RenesasMCUCar, OurRenesasTrackModel

и още няколко определящи гравитацията, глобалната координатна система и разположените на RenesasMCUCar и OurRenesasTrackModel спрямо нея. Изграждането на останалата част от блокове позволяващи симулацията е дълъг и сложен процес. Всичко за тях ще се разясни надолу.

В тази секция първо ще бъде изложена цялостната структура на Simulink модела, след което това ще се направи и с всеки от основните три компонента изграждащи симулацията (Kinematics Subsystem, Virtual Sensors Subsystem и Control Algorithm).

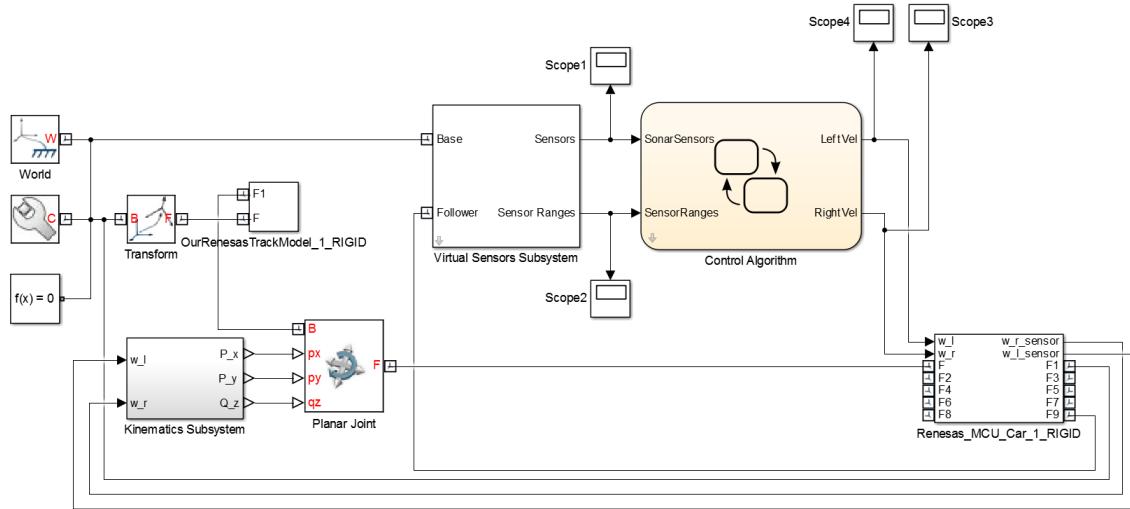
3.2.1 Структура на създадения Simulink модел

Създадения Simulink модел може да се види на фигура 3-1 или в приложение Б: фигура Б-2. Той е съставен от 6 главни компоненти:

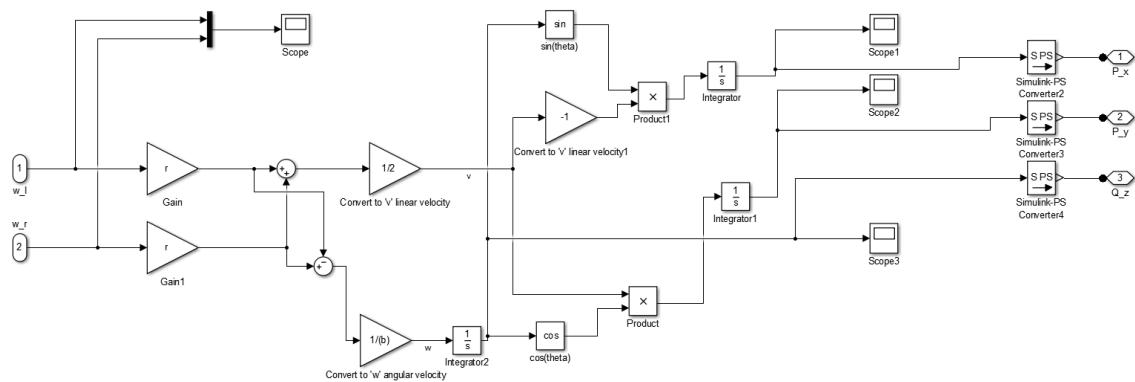
- изгражда възможност за извършване на симулация
 - WordFrame
 - Mechanism Configuration
 - Solver Configuration
- представлява пистата (OurRenesasTrackModel)
- представлява колата (RenesasMCUCar)
- предоставя възможност за транслиране и ротиране на колата (Kinematics Subsystem)
- представлява виртуална сензорна система (Virtual Sensors Subsystem)
- предоставя начин за взимане на решения (Control Algorithm)

Блокът Planar Joint служи да зададе новата позиция на колата спрямо пистата, като на входа си приема резултатите от Kinematics Subsystem. А именно транслиране по повърхността определена от осите X и Z и ротиране по оста Y.

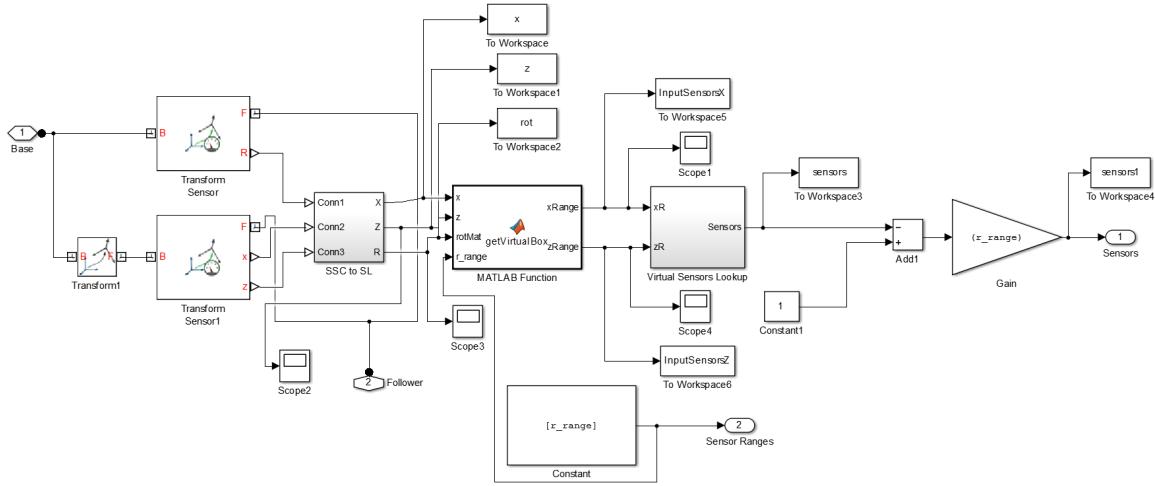
Използвани са четири блока Scope. Това е един от няколкото начина за получаване на обратна връзка от симулационния процес.



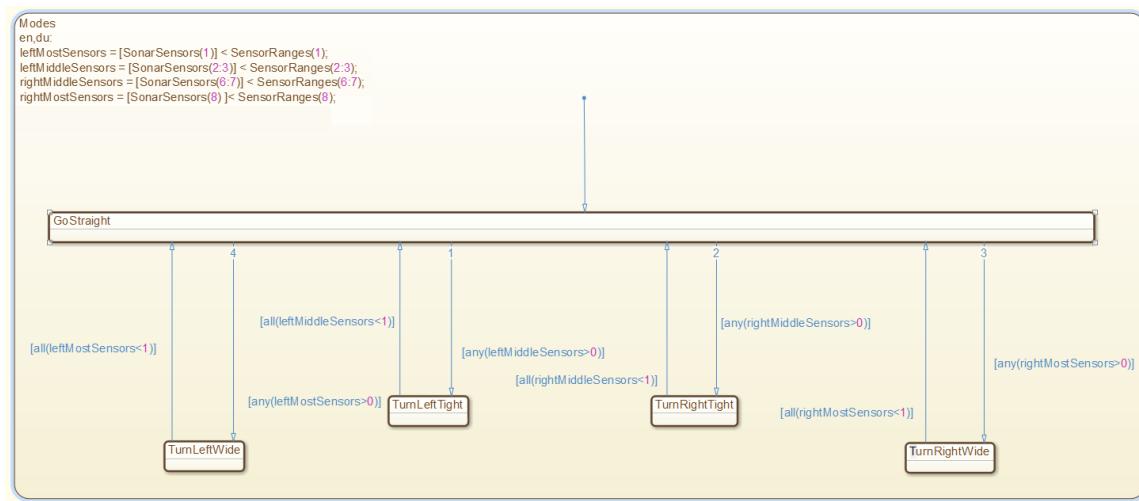
Фигура 3-1: Цялостния създаден Simulink модел



Фигура 3-2: Kinematics Subsystem



Фигура 3-3: Virtual Sensors Subsystem



Фигура 3-4: Control Algorithm

3.2.2 Kinematics Subsystem

Структурата на Kinematics Subsystem може да се види на фигура 3-2 или в приложение Б: фигура Б-3. На входа блокът получава скоростта, с която всяко от двете задни колела на Renesas MCU Car се задвижва. Като резултат на изхода се извежда желаната промяна, служеща за изменение на местоположението на модела.

3.2.3 Virtual Sensors Subsystem

Структурата на Virtual Sensors Subsystem може да се види на фигура 3-3 или в приложение Б: фигура Б-4. Този компонент от Simulink модела получава на входа си позицията на първия от фотодетекторите, намиращи се в предната част на модела на колата и началото на глобалната координатна система. Посредством функцията GetVirtualBox се създават два вектора описващи позицията на всеки един от виртуалните фотодетектори. Тези фотодетектори са реализирани, като местоположението им се дефинира спрямо това на приетия на входа. Позицията на всеки от виртуалните фотодетектори, се прилага върху LookUp таблица, съдържаща информация за пистата. В резултат се получава съответно единица при отчитане на бяла линия и нула при липса на такава. Тези данни се записват под формата на вектор, чиито стойности съответстват на входните. Вектора се предава на следващия основен блок Control Algorithm.

3.2.4 Control Algorithm

Структурата на Control Algorithm може да се види на фигура 3-4 или в приложение Б: фигура Б-5. На входа си получава резултатите от всеки виртуален фотодетектор под формата на вектор. Дефинирани са четири условия способстващи прилагането на контролния алгоритъм:

- leftMostSensors
- leftMiddleSensors

- rightMiddleSensors
- rightMostSensors

Алгоритъма съдържа пет състояния:

- GoStraight
- TurnLeftTight
- TurnRightTight
- TurnLeftWide
- TurnRightWide

Преминаването от едно в друго състояние се осъществява чрез изпълнението на различните условия. В зависимост от състоянието се променя посоката и скоростта на въртене на задните колела на Renesas MCU Car.

3.3 Оптимизация на локационна сензорна система

Проблемът, който се решава в тази секция се дължи на това, че реалната количка на всяка една милисекунда отчита данни предоставени от фотодетекторите и взима решение. Възможно е върху пистата да има прахова частича. Взимането предвид на тази аномалия, може сериозно да повлияе на държанието на количката.

Липсата на памет, която да съхранява даден брой измервания е очевидна. Наличието на такава, би позволило прилагане на алгоритъм за намиране на вероятността да е отчетена бяла линия.

В приложение B е изложен код написан на езика MatLab, решаващ гореспоменатия проблем.

3.4 Изводи

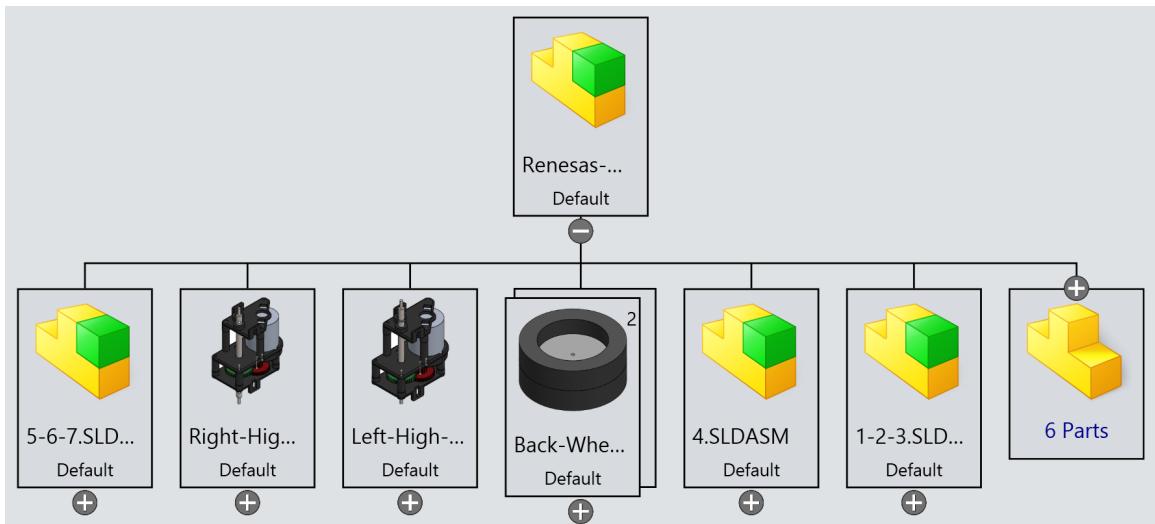
Тази глава представя симулационния процес на моделирания триизмерен модел. Отделно е разгледан и процеса на оптимизация на локационна сензорна система.

Заключение

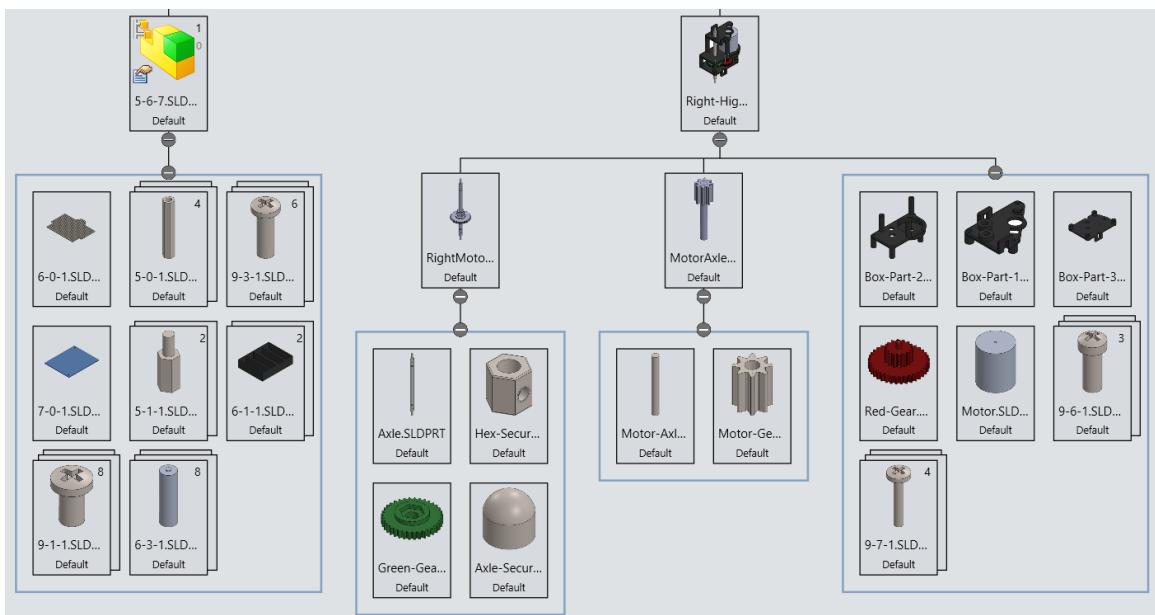
В тази дипломна работа е изложено съставяне и симулиране на смесени механично-електрически системи. Направено е моделиране на триизимерни механични обекти чрез инженерната среда SolidWorks. Триизмерния обект е подгoten и внесен в средата за математически симулации MatLab/Simulink. Извършени са смесени механично-електрически симулации и е оптимизирана локационната сензорна система.

Приложение А

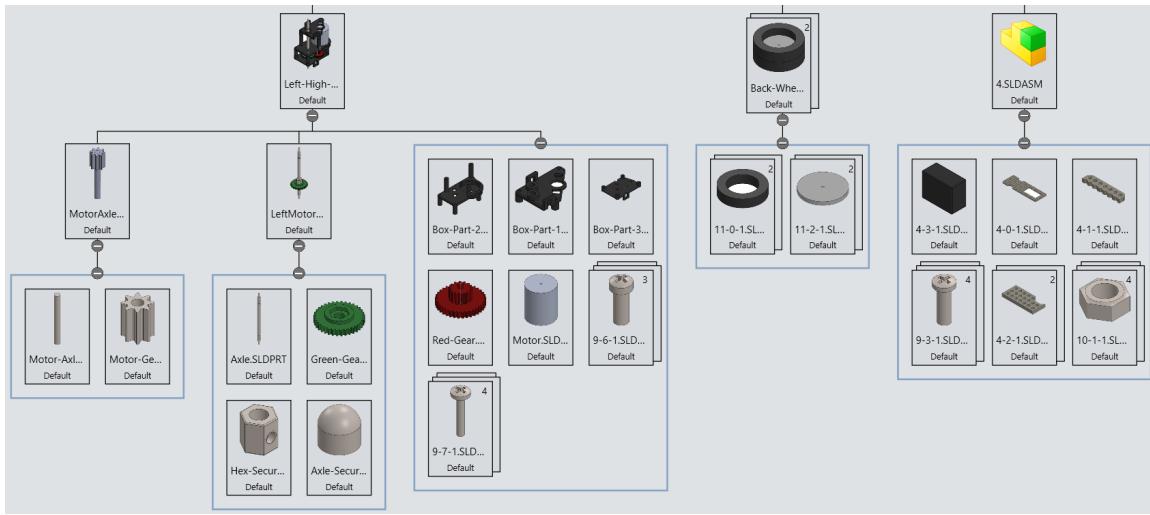
Модел на Renesas MCU Car



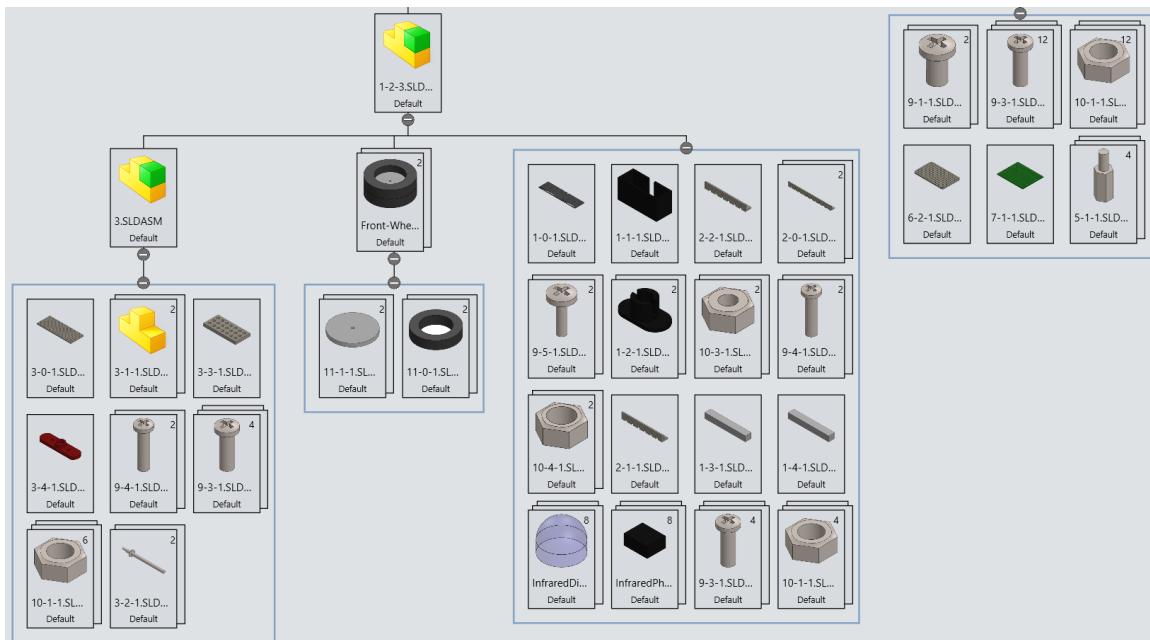
Фигура А-1: Горен слой - съставен главно от асемблита



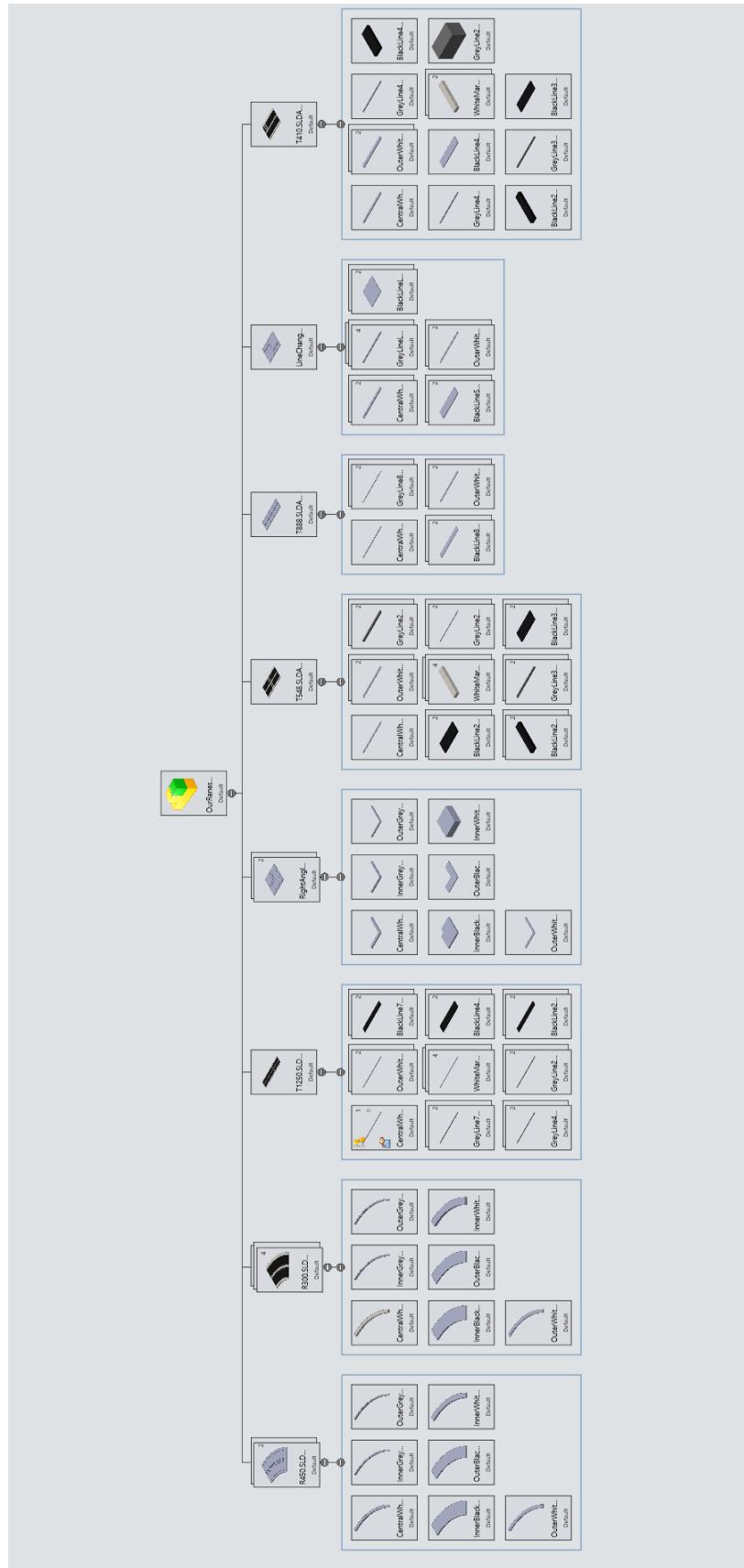
Фигура А-2: Долен слой - асемблита: "5-6-7" и десен двигателен блок



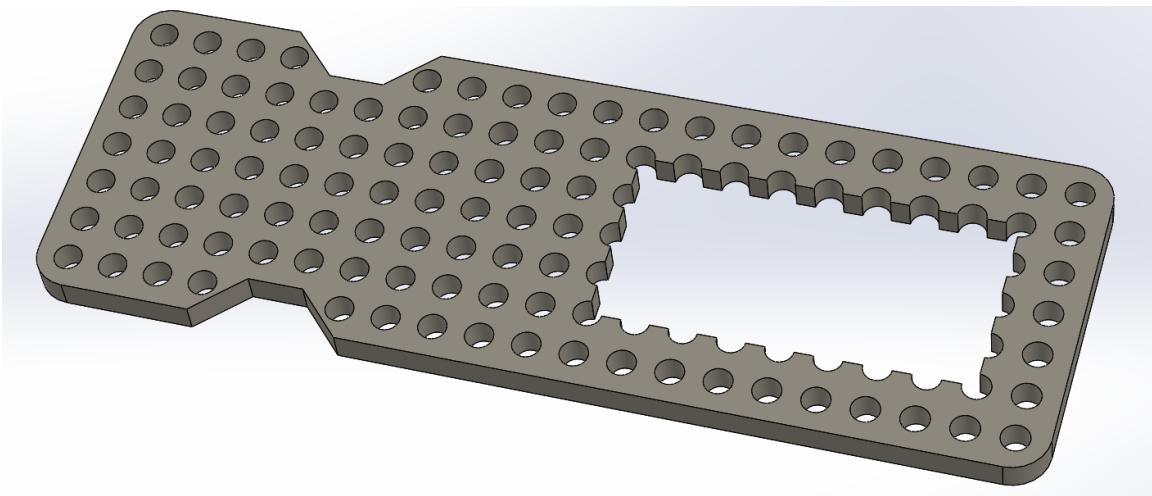
Фигура А-3: Долен слой - асемблита: ляв двигателен блок, "4"и задни колела



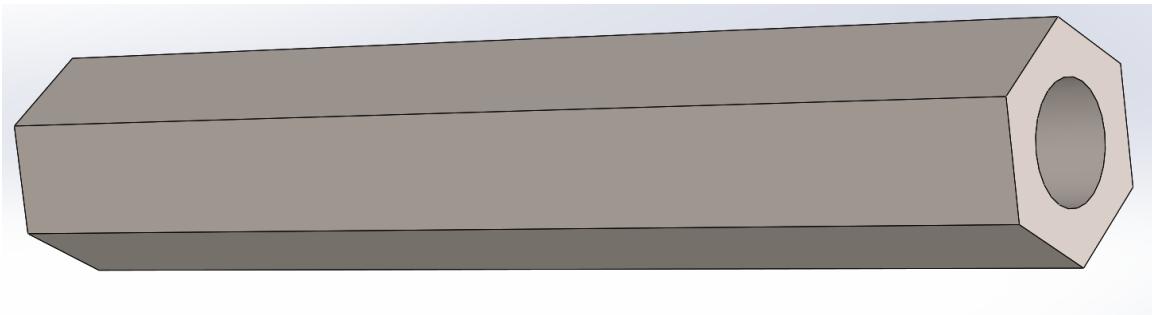
Фигура А-4: Долен слой - асемблита: "1-2-3"и крепежни елементи



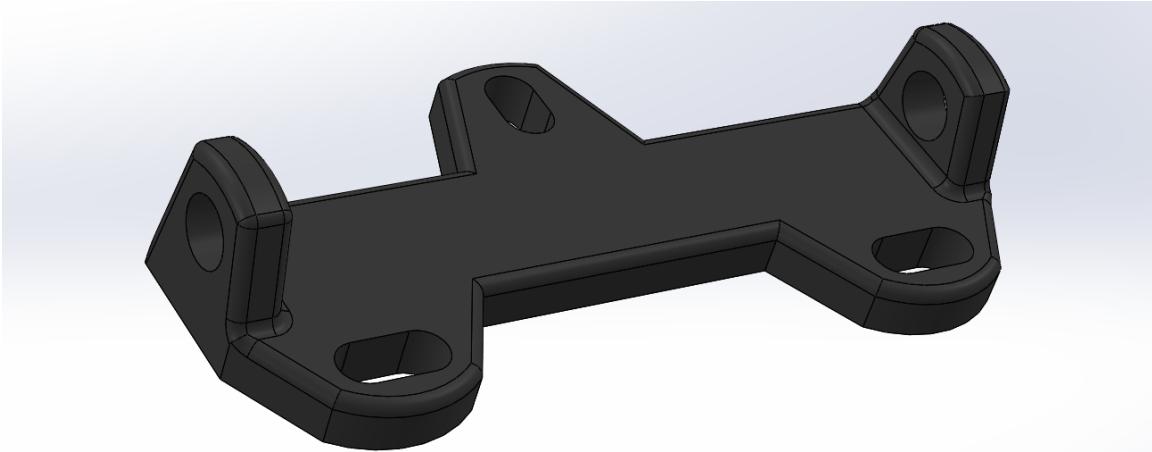
Фигура А-5: Дървовидна структура на пистата



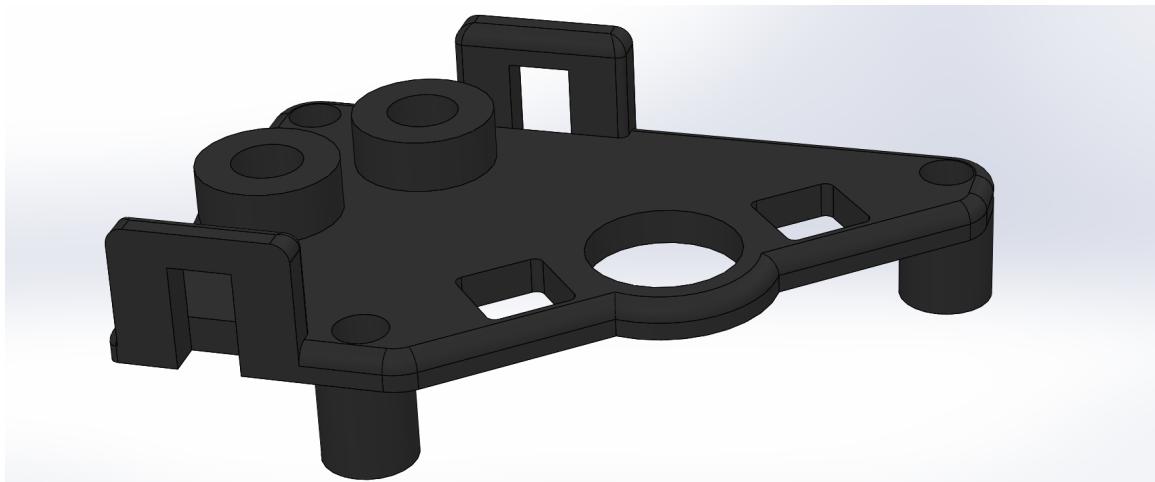
Фигура А-6: Част от шаси



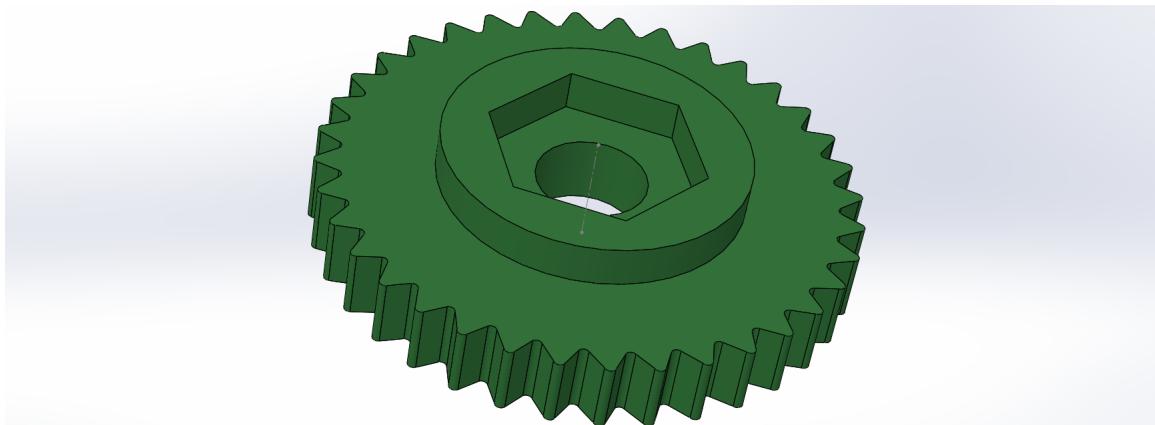
Фигура А-7: Дистанционна втулка



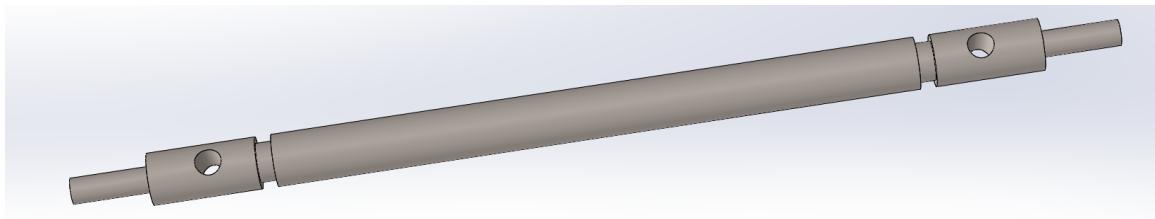
Фигура А-8: Държач на предна ос



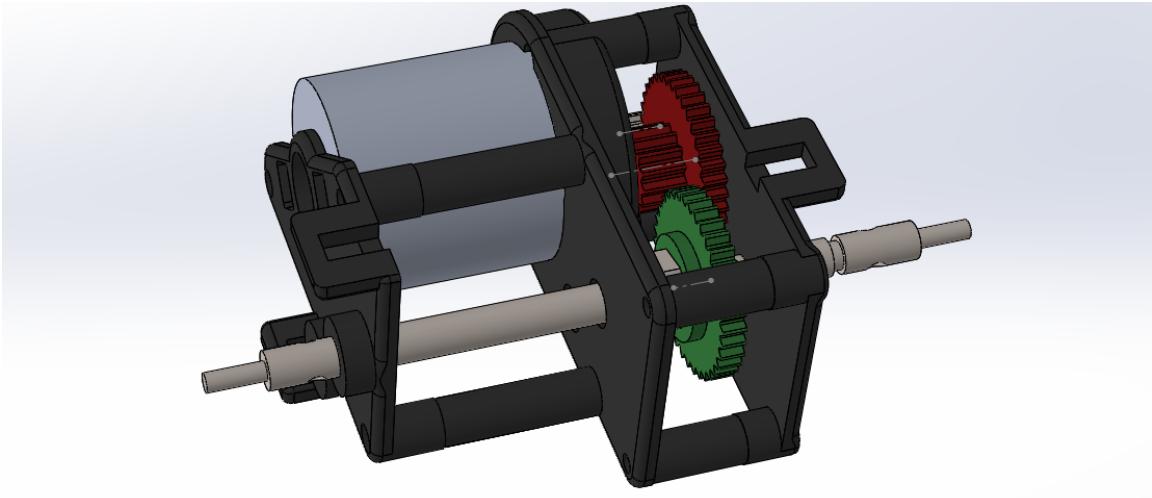
Фигура А-9: Част от двигателната кутия



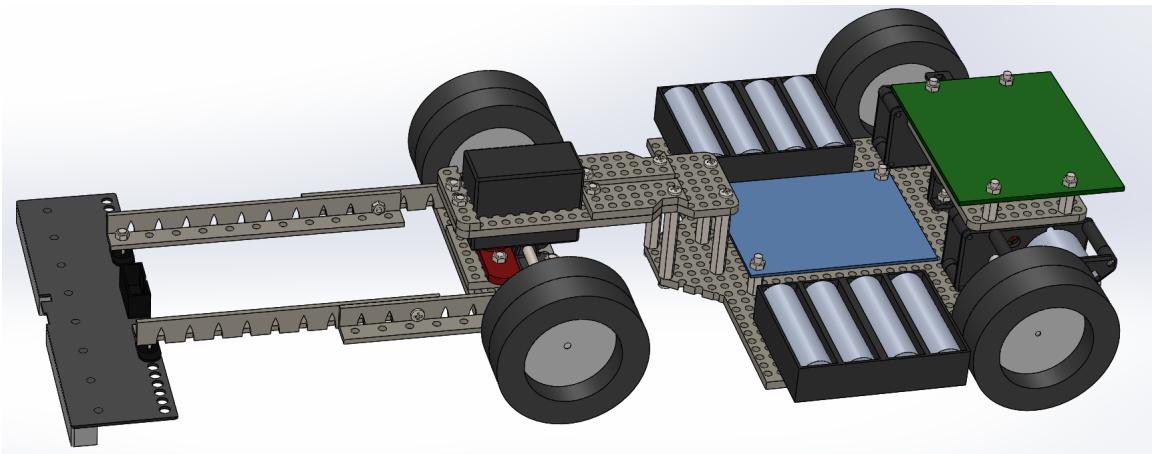
Фигура А-10: Зъбно колело



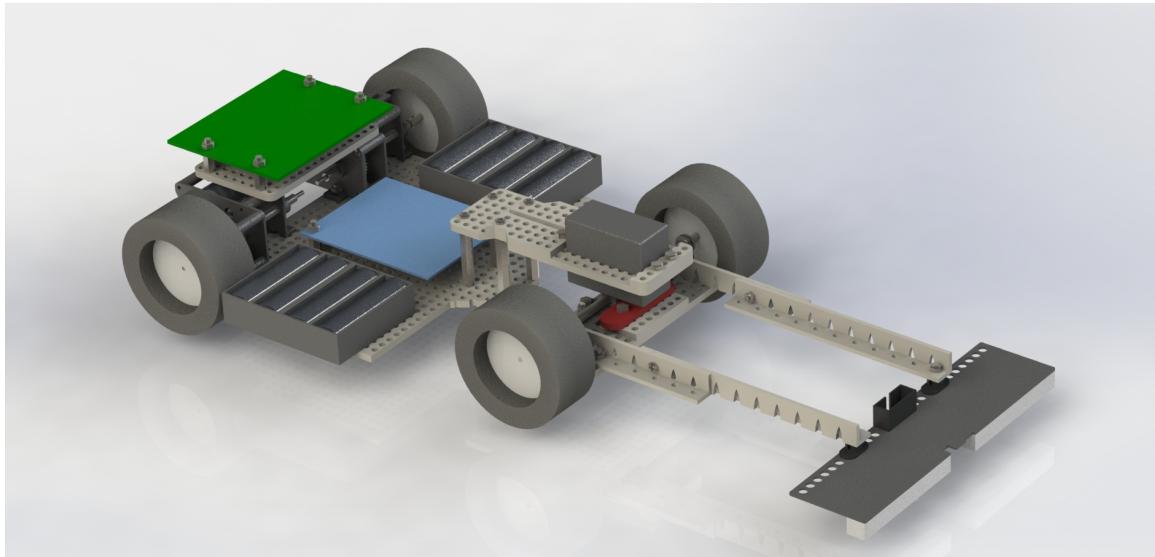
Фигура А-11: Ос на задно колело



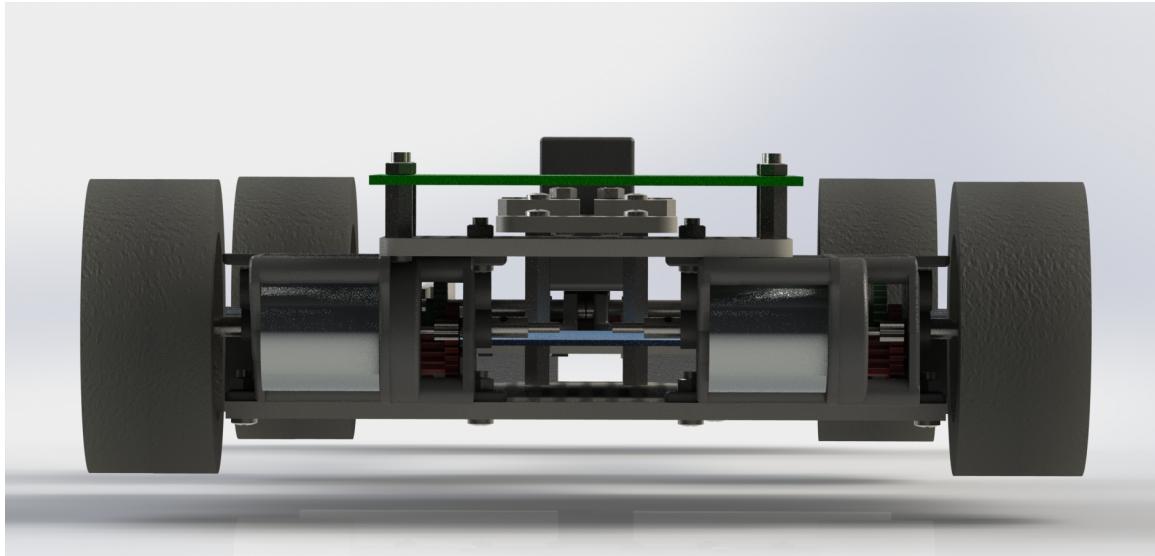
Фигура А-12: Двигателен блок



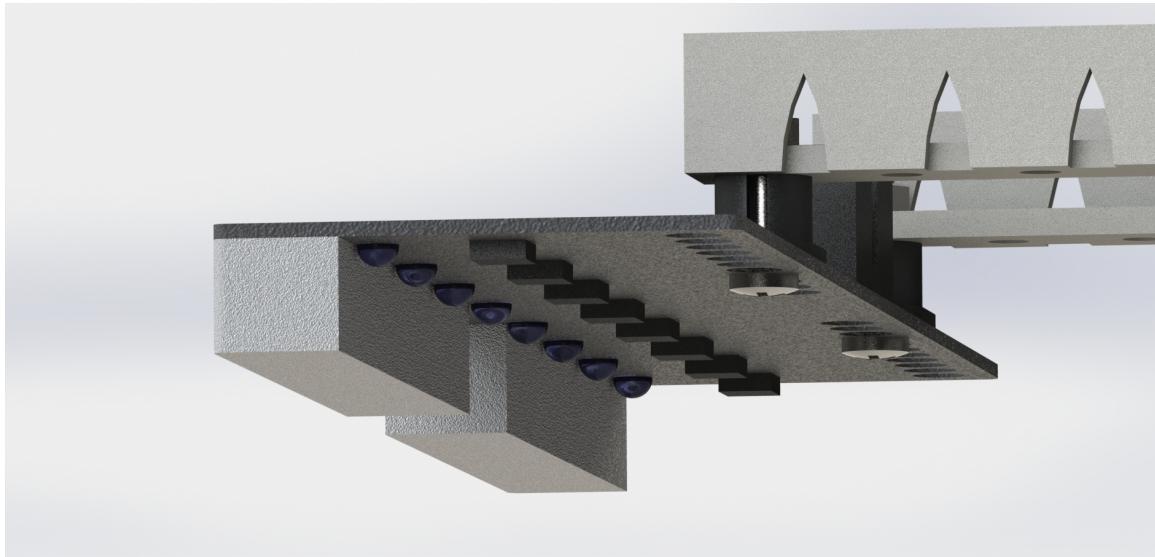
Фигура А-13: Renesas MCU Car, завършен модел в средата SolidWorks



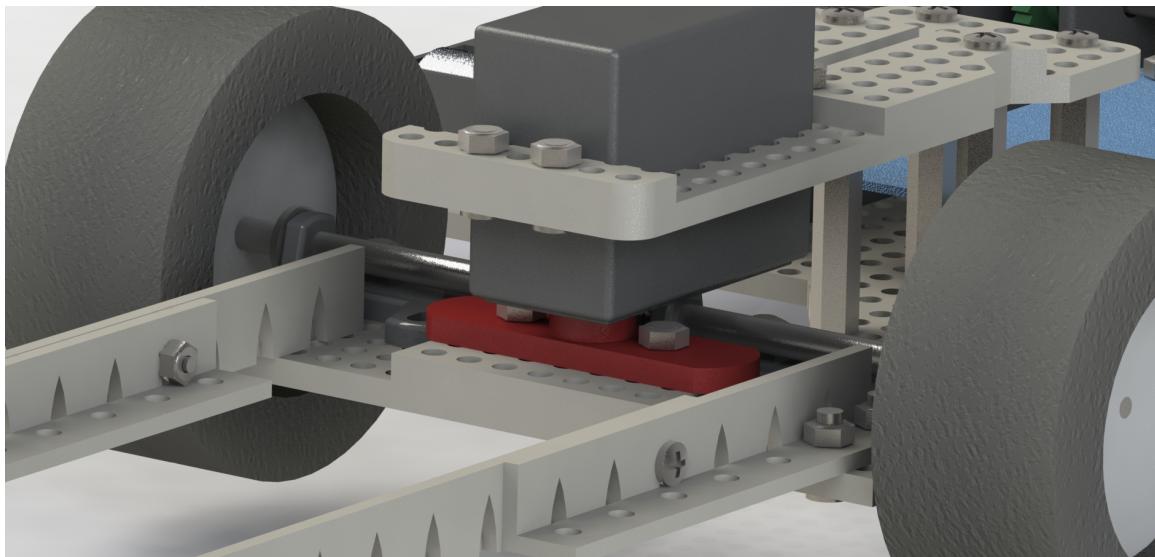
Фигура А-14: Renesas MCU Car, завършен модел в средата SolidWorks



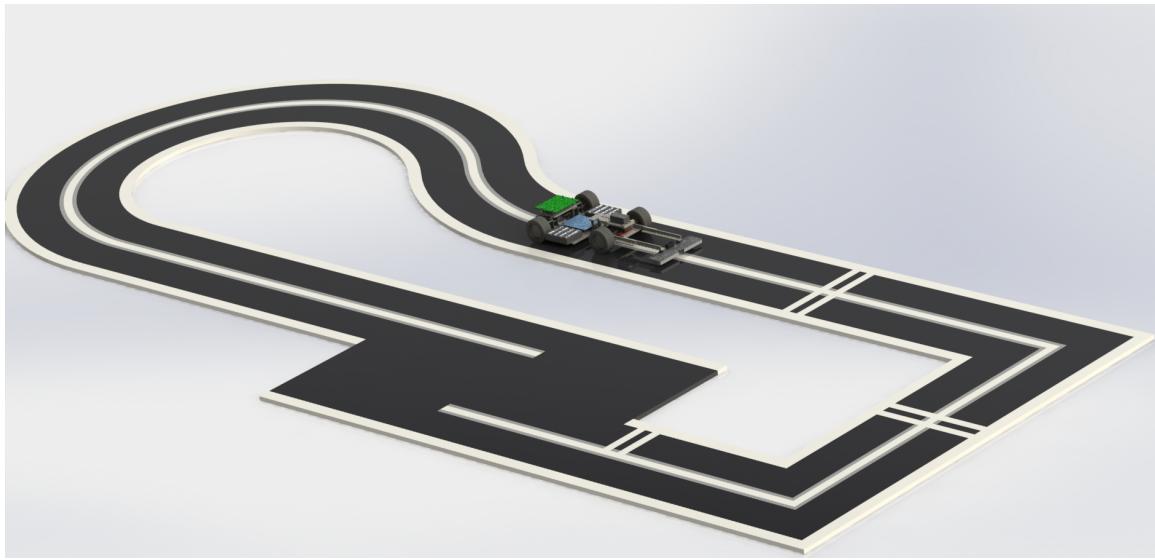
Фигура А-15: Изглед отзад на Renesas MCU Car



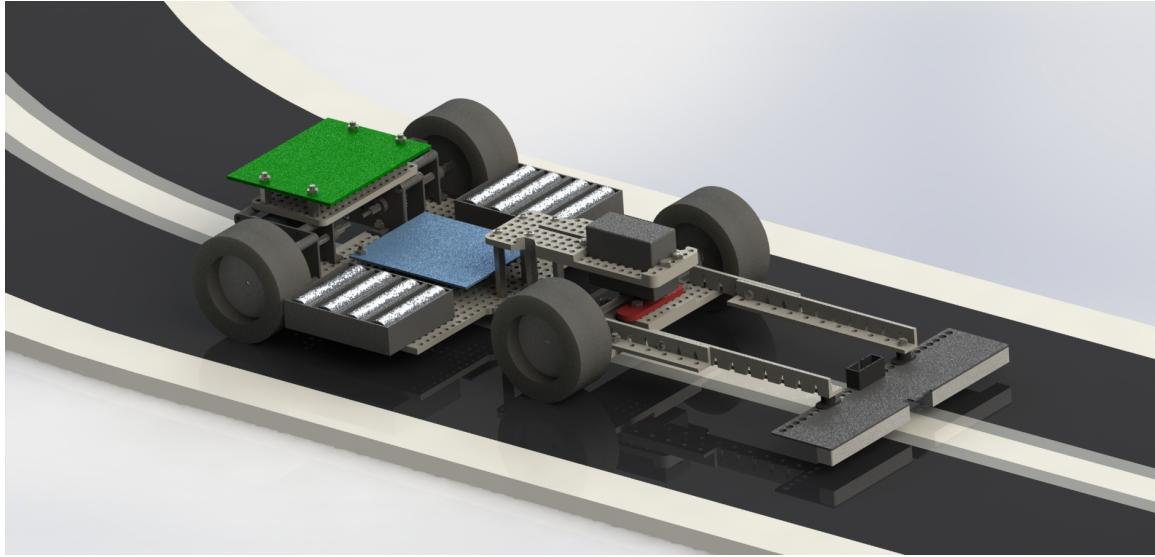
Фигура A-16: Сензорна система на Renesas MCU Car



Фигура A-17: Серво механизъм на Renesas MCU Car



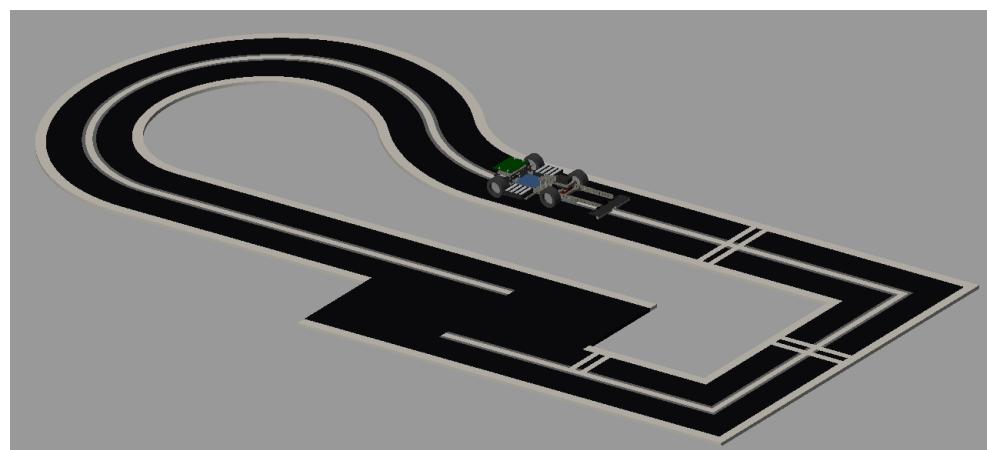
Фигура А-18: Renesas MCU Car на пистата



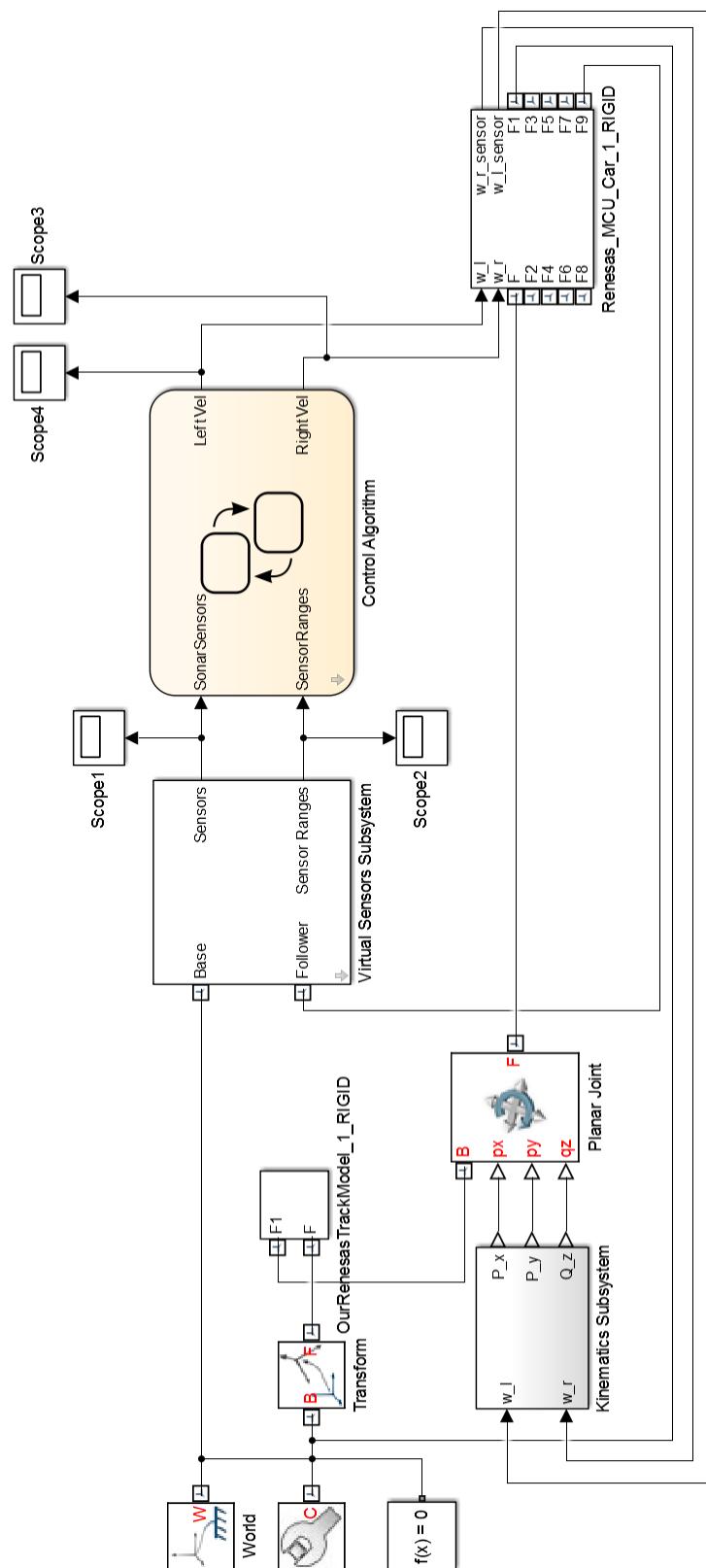
Фигура А-19: Отблизо: Renesas MCU Car на пистата

Приложение Б

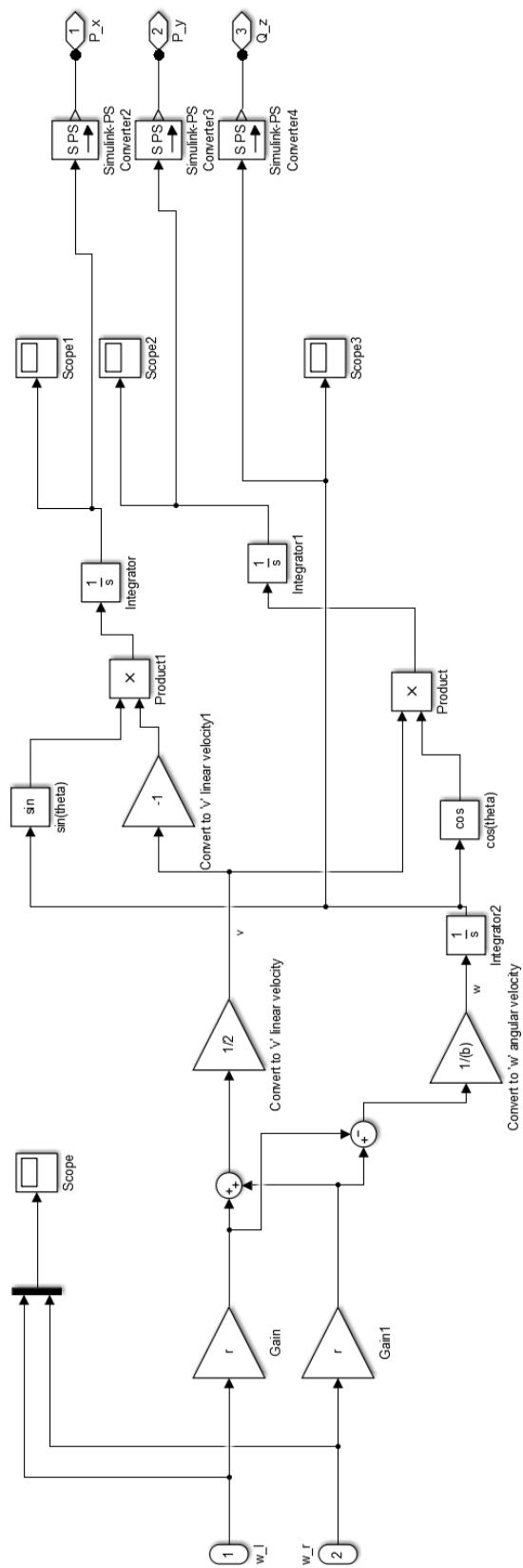
Изграждане на симулационен модел



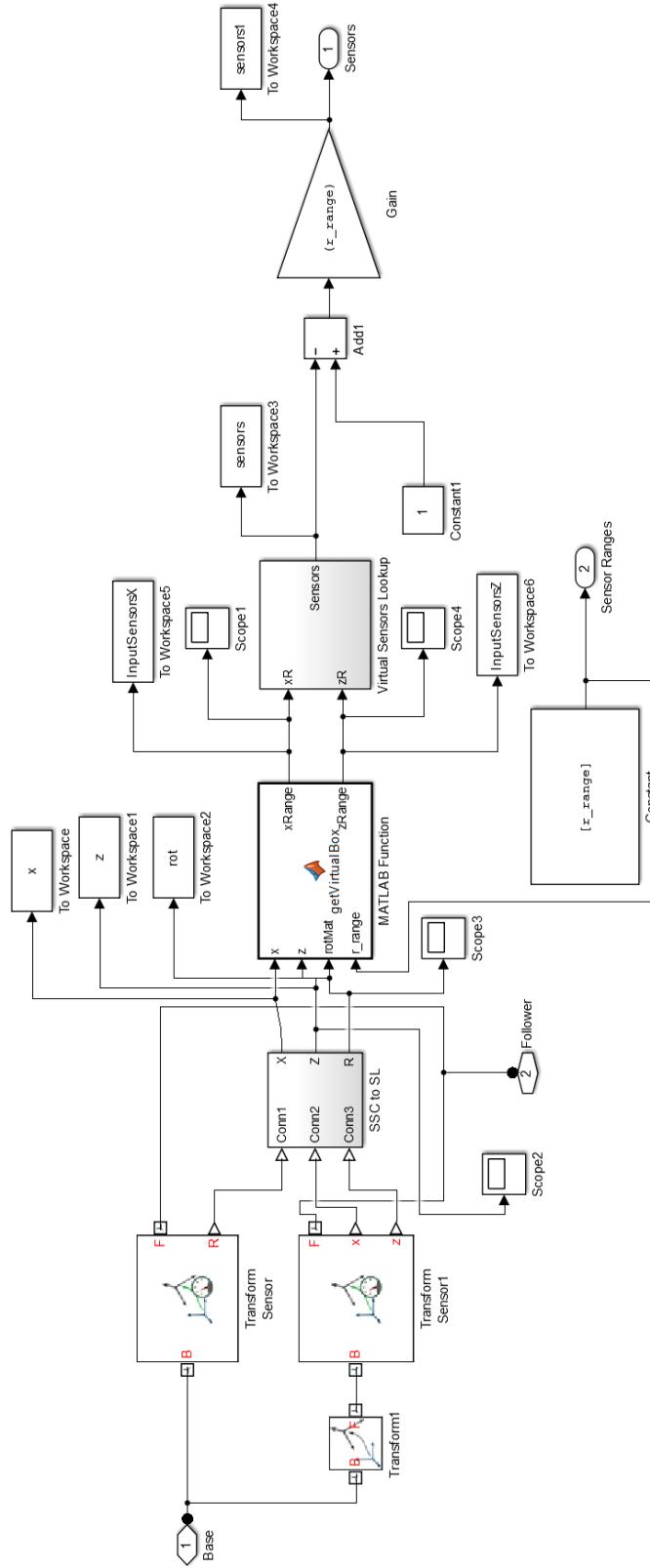
Фигура Б-1: Изглед на триизмерния модел в Mechanics Explorer



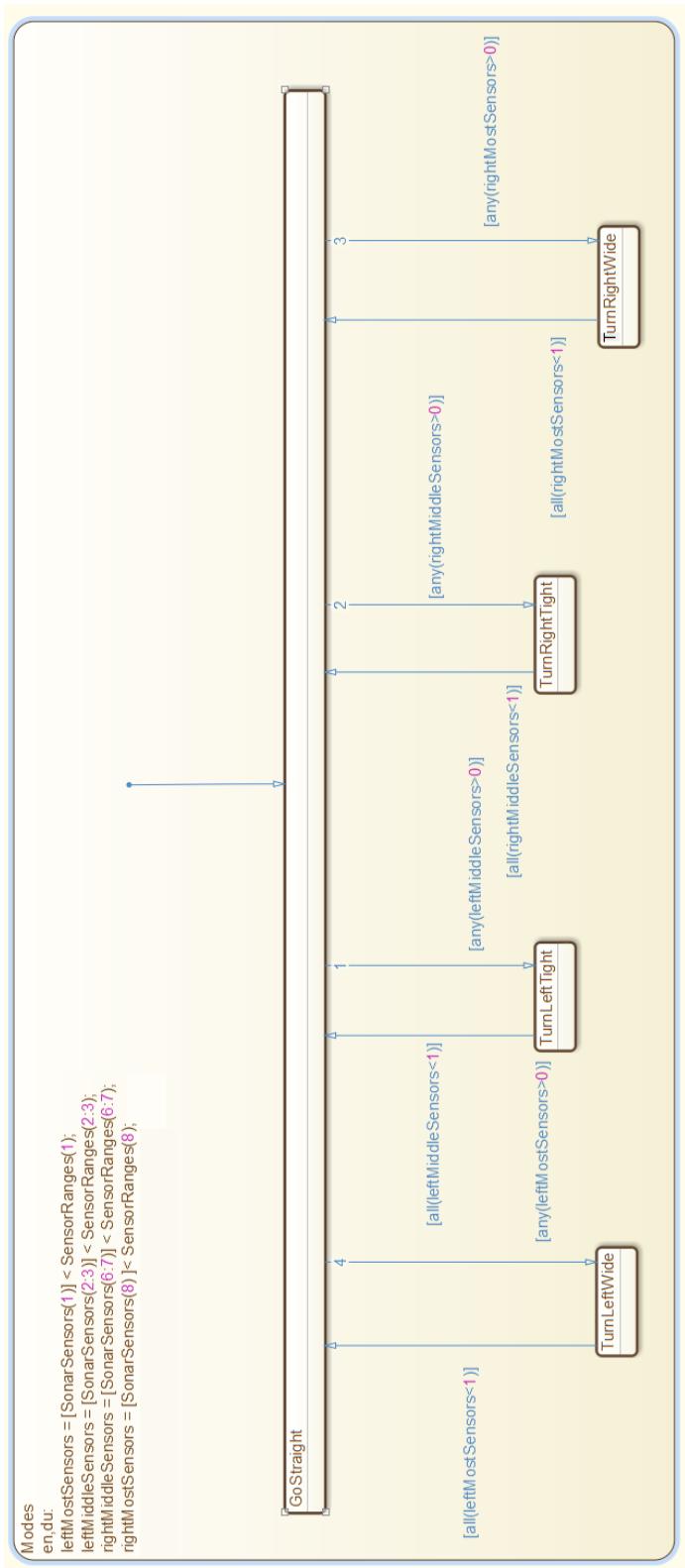
Фигура Б-2: Цялостния създаден Simulink модел



Фигура Е-3: Kinematics Subsystem



Фигура Б-4: Virtual Sensors Subsystem



Фигура Б-5: Control Algorithm

Приложение В

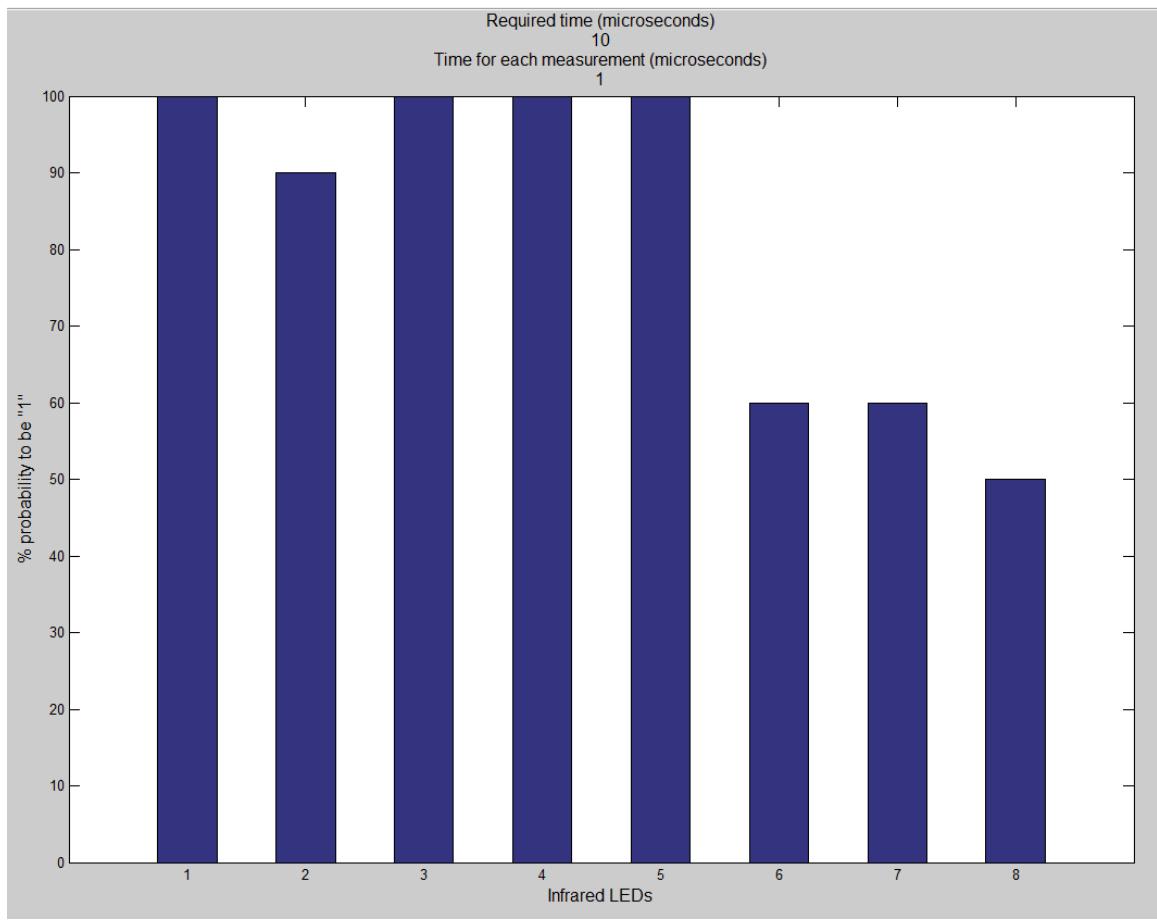
Оптимизация на локационна сензорна система

```
1 prompt = 'Enter the number of infrared LEDs: ';
2 numberofLEDs = input(prompt);
3 prompt = 'Enter time for all measurements (in microseconds): ';
4 requiredTime = input(prompt);
5 numberOfMeasurements = 0;
6 ILEDsArray = [];
7 for i = 1:1:numberofLEDs
8     ILEDsArray = [ILEDsArray; i];
9 end
10 resultMatrix = [];
11 while true
12     prompt = 'Enter vector with the measurement
13         (only with "0" and "1") (to stop enter -1,
14         to clear the matrix enter -2): ';
15     measurements = input(prompt);
16     if measurements == -1
17         break;
18     end
19     if measurements == -2
20         resultMatrix = [];
```

```

21     continue;
22 end
23 if length(measurements) ~= numberOfILEDs
24     error('Input must be a vector with
25         the exact number of infrared LEDs')
26 end
27 numberOfMeasurements = numberOfMeasurements + 1;
28 resultMatrix = [resultMatrix; measurements];
29
30 sumArray = [];
31 for j = 1:1:numberOfLEDs
32     sumColumn = sum(resultMatrix(:,j));
33     sumArray = [sumArray, sumColumn];
34 end
35 end
36
37 timeForEachMeasurement = requiredTime/numberOfMeasurements;
38 maxLEDSum = numberOfMeasurements;
39 probabilityToBeOne = [];
40 for k = 1:1:numberOfLEDs
41     probabilityToBeOne = [probabilityToBeOne,
42     sumArray(1,k)/maxLEDSum * 100];
43 end
44 strRequiredTime = num2str(requiredTime);
45 strTimeForEachMeasurement = num2str(timeForEachMeasurement);
46 bar(LEDsArray, probabilityToBeOne, 0.5, 'FaceColor',[0.2 0.2 0.5])
47 xlabel('Infrared LEDs', 'FontSize', 12)
48 ylabel('% probability to be "1"', 'FontSize', 12)
49 title({'Required time (microseconds)', strRequiredTime,
50 'Time for each measurement (microseconds)', strTimeForEachMeasurement}, 'FontSize', 12)

```



Фигура B-1: Резултати отчетени за всеки един от инфрачервените детектори

Приложение Г

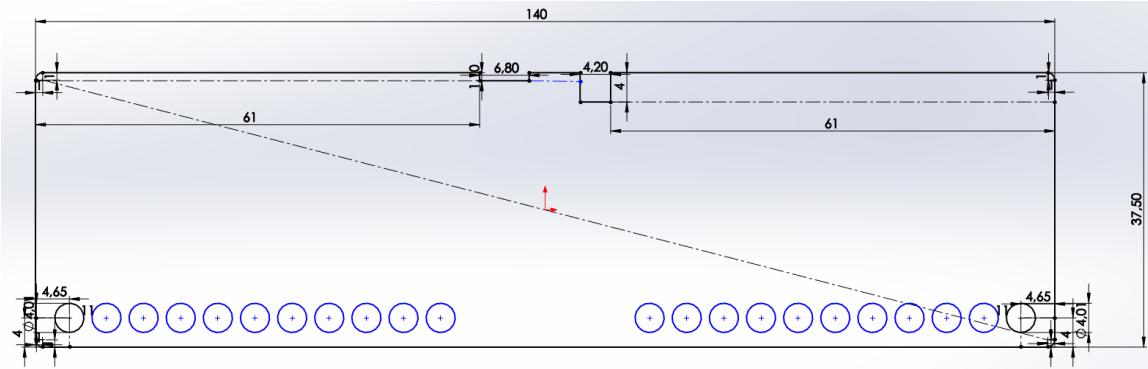
Принцип на работа със SolidWorks

Г.1 Дърводидна структура при работа с продукта

Начинът, по който се групират отделните сегменти в SolidWorks е следния: В короната на дървото стоят Part-ове. Те са основната съставна част при едно моделиране. Корените се явяват Assembly-тата.

Г.2 Преимущества на двата начина на моделиране

Създаването на изделие в SolidWorks се осъществява по три основни метода: „отдолу-нагоре“, „отгоре-надолу“ или чрез тяхното съчетаване. При проектиране „отдолу-нагоре“ първо се създават детайлите, като след това се създават връзките между тях, съгласно изискванията на проекта. Методът за проектиране „отгоре-надолу“ се отличава, с това че се започва с връзките между детайлите. Той позволява да се създават препратки към геометрията на изходния модел, така че когато се променят размери на детайли, то самия модел се обновява автоматично.

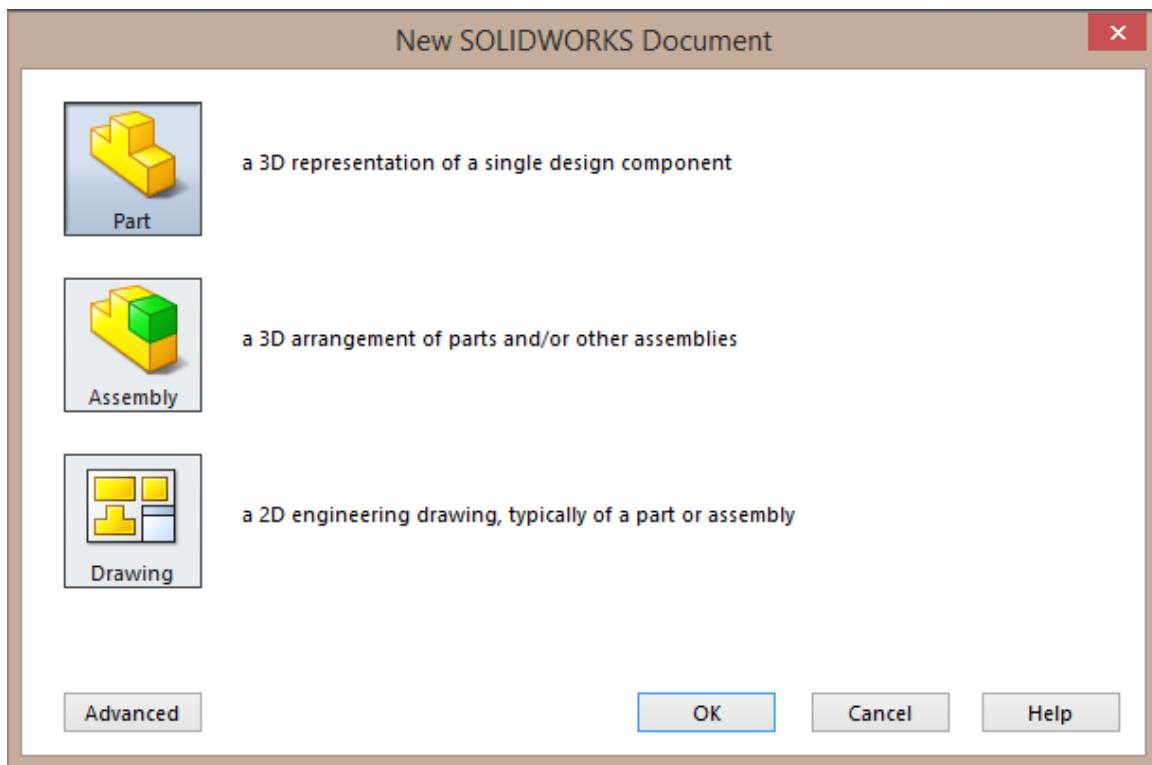


Фигура Г-1: Скица на детайла

Г.3 Моделиране на детайл

С цел по-добро обяснение, ще бъде изложен целия процес на моделиране на детайл. Детайлът, избран за направа е платката, върху която се поставят сензори. За целата е нужно документа, който се създава да е за Part (фиг. Г-2).

Първото, което е нужно за направата на детайла е начертаването на скица. Създаването на скицата може да се направи върху равнина (Top, Front, Right) или повърхност. В случая е избрана равнината „Top“. Едни от най-често използвани инструменти са: линия, крива, кръг, правоъгълник и дъга. Всеки от тях предоставя възможност според ситуацията да бъде избран по-лесен начин за създаване на обекта (линия, кръг и т.н.). Използва се инструмент за направа на правоъгълник, като се избира начална точка на виртуалното пространство (Origin), в избрана равнина. Не е задължително, но е желателно точката да се намира в създадения от инструмента обект. След като е създаден правоъгълника, с инструмента за правене на линия се начертава единия му диагонал, като се използва пунктирната линия или още наречена централна линия. Тя служи единствено за по-добър контрол над модела в процеса на неговата направа. С цел по-лесното последващо оразмеряване на детайла, се избира начертаната пунктирна линия и началната точка (Origin) и се създава връзка между тях, при която началната точка се намира в средата на пунктирната линия. Вече създадения правоъгълник е позициониран в пространството и идва ред на оразмеряването му. Избрани са размери 140mm X 35,50 mm. Оразмеряването на скицата става посредством ин-



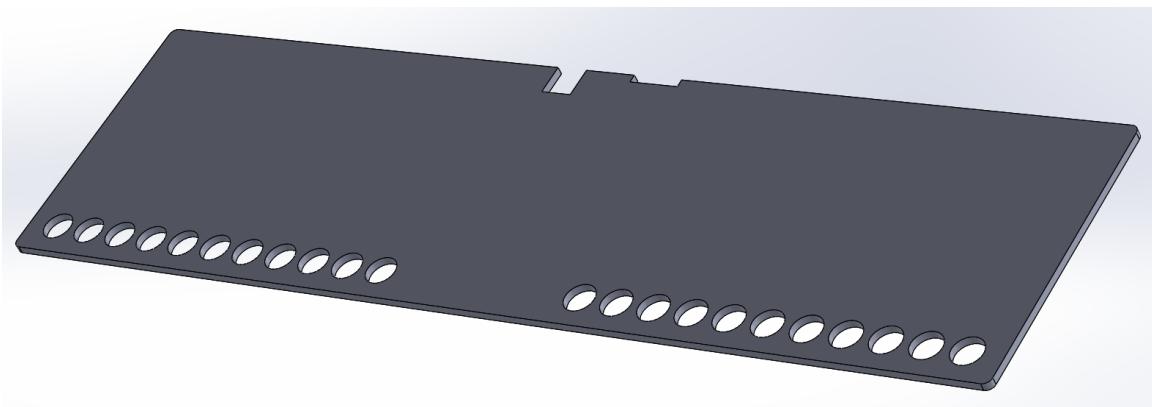
Фигура Г-2: Създаване на Part документ

струмента Smart Dimension. Често използван инструмент е Sketch Pattern. Той позволява един обект да бъде нанесен известен брой пъти в самата равнина - линейно или кръгово. Резултатната скица е показана на фиг. Г-1.

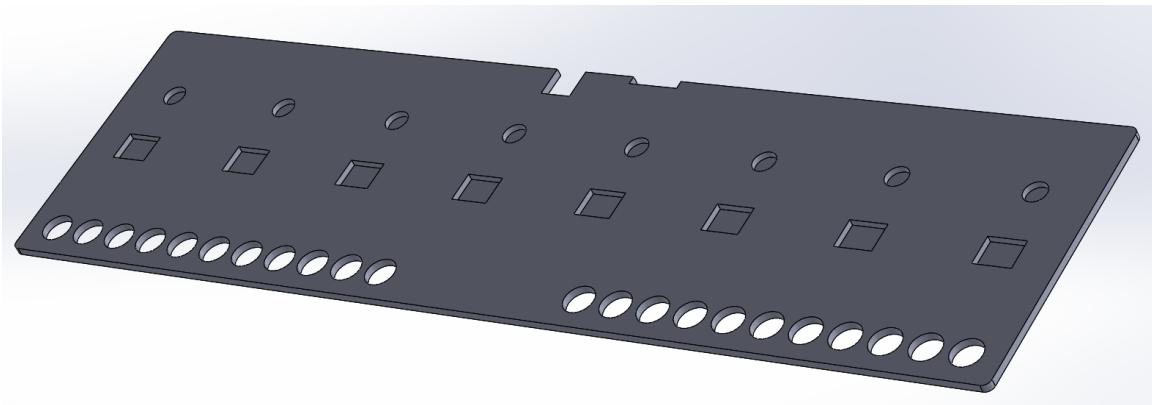
За създаването на триизмерния модел се използва инструмента Extruded boss/base. След прилагането му, детайлът е почти готов (фиг. Г-3).

За „отнемане“ от триизмерния модел се използва инструмента Extruded cut, като преди това се чертае скица върху избраната повърхност на модела (фиг. Г-4).

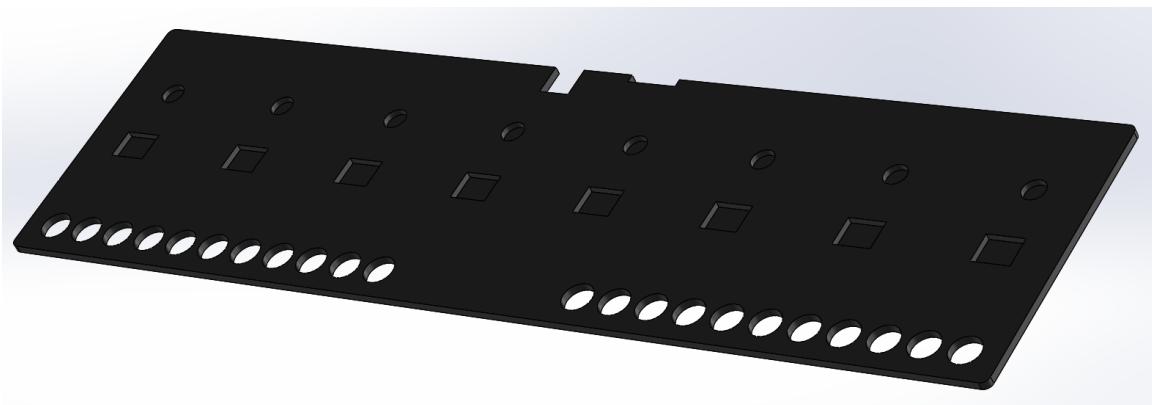
След поставяне на материала определящ външния му вид и материала от който е изграден, детайлът е напълно готов (фиг. Г-5).



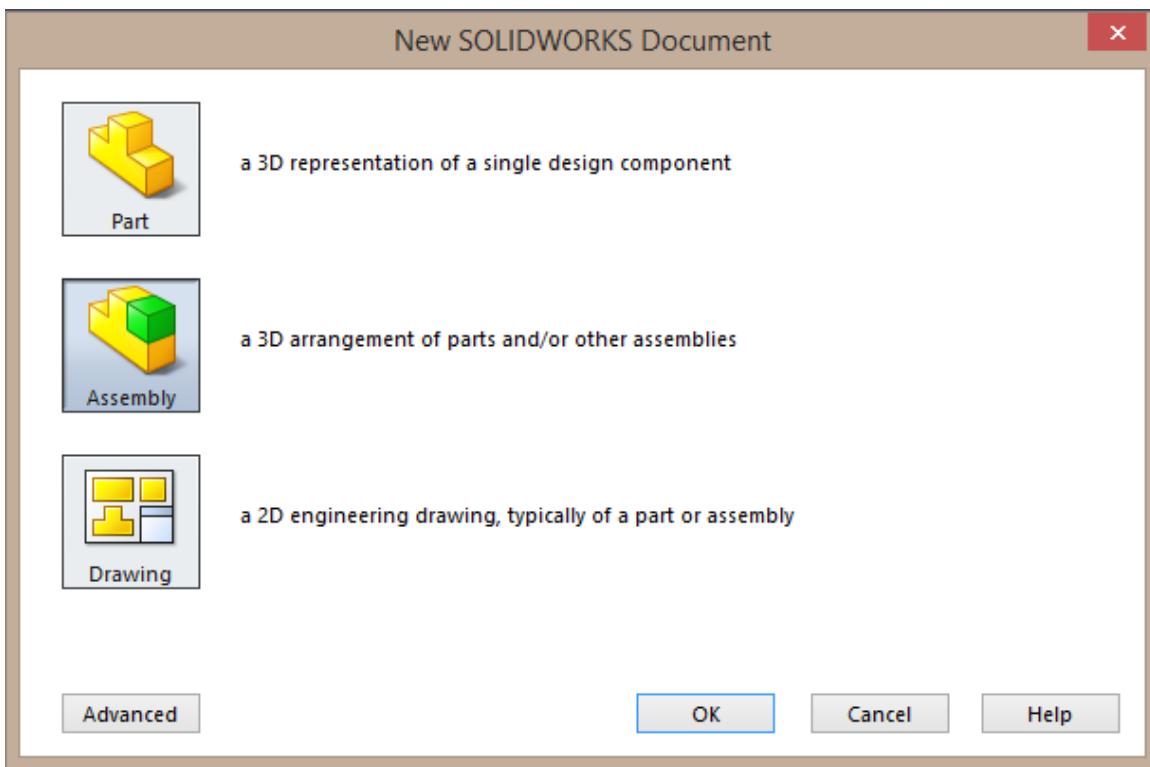
Фигура Г-3: Модел на детайла - етап 1



Фигура Г-4: Модел на детайла - етап 2



Фигура Г-5: Модел на детайла - етап 3



Фигура Г-6: Създаване на Assembly документ

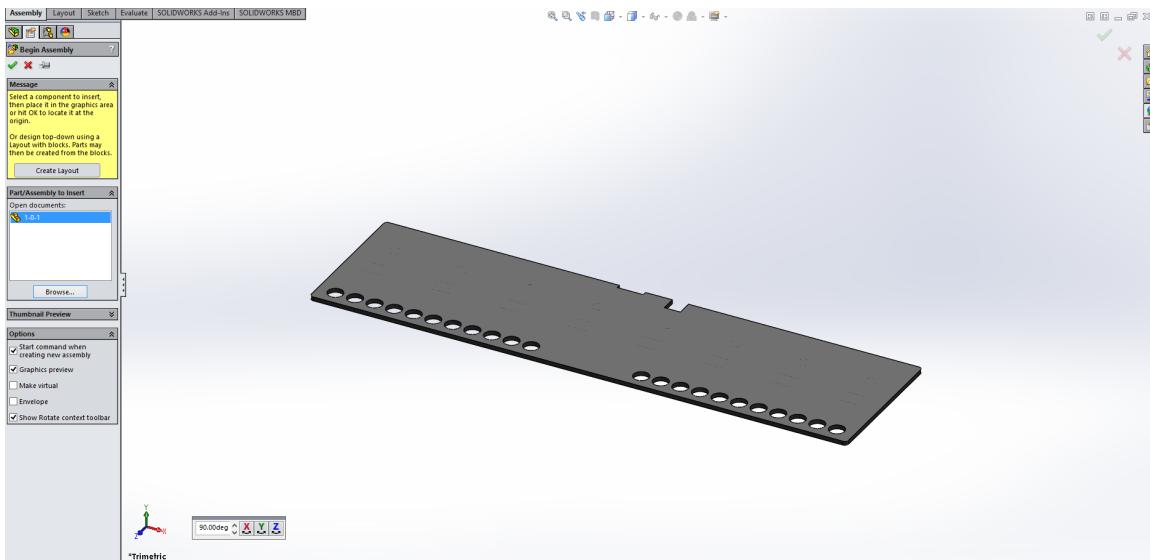
Г.4 Обединение на група от детайли с цел постигане на желаното изделие

В горната точка е описано как се изработва детайл. Тук става въпрос вече за това как, след като се разполага с желаните детайли, те да бъдат обединени с цел получаване на цялостен модел на изделието. Разбира се много често се налага създаване само на детайли, които не са тясно свързани с конкретна система (пример: винт, гайка, зъбно колело и т.н.).

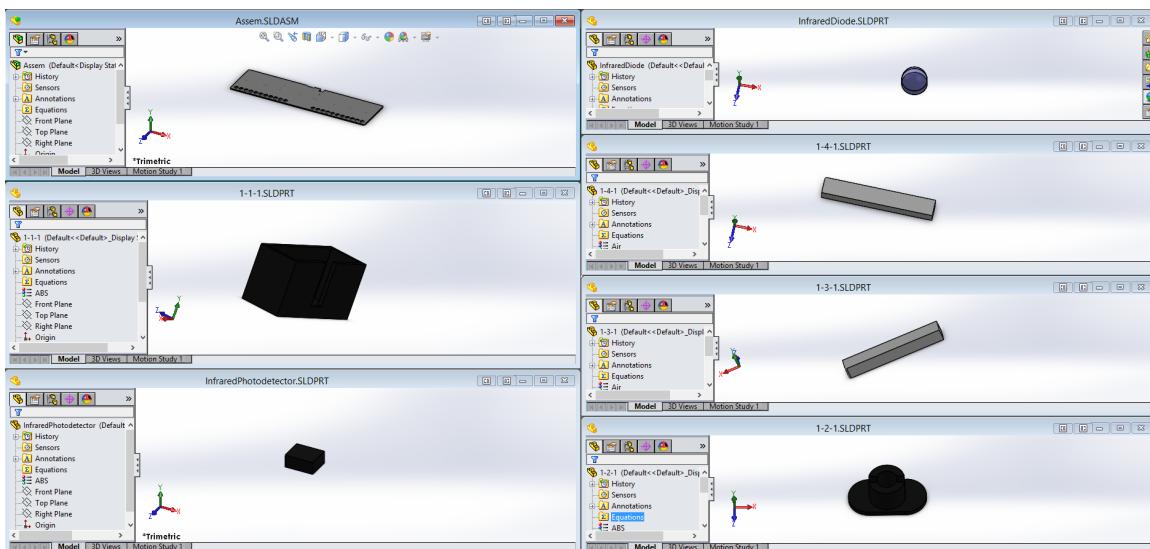
С цел по-добро обяснение, ще бъде изложен целия процес на обединение на няколко триизмерни модела в един нов. За целата първо е нужно документа да е за Assembly, а не за Part (фиг. Г-6).

Избира се желаната част, от която трябва да започне сглобяването на модела. Тази част се превръща в опорна за новия модел (фиг. Г-7).

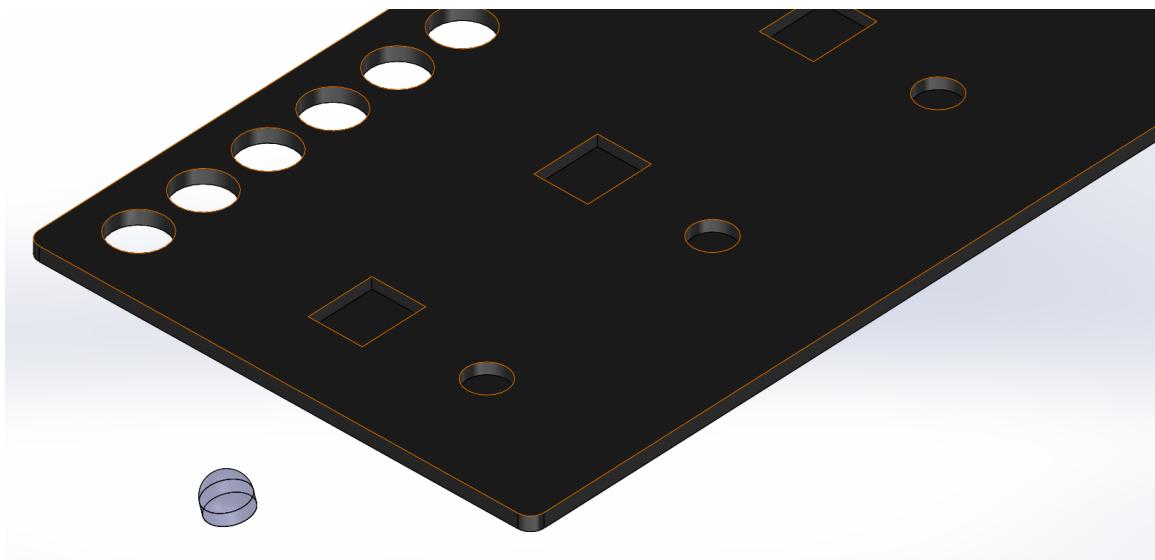
След това се отварят останалите необходими детайли в отделни прозорци.



Фигура Г-7: Опорната част на новия модел



Фигура Г-8: Детайлите, които ще се използват в модела



Фигура Г-9: InfraredDiode и платката за сензори

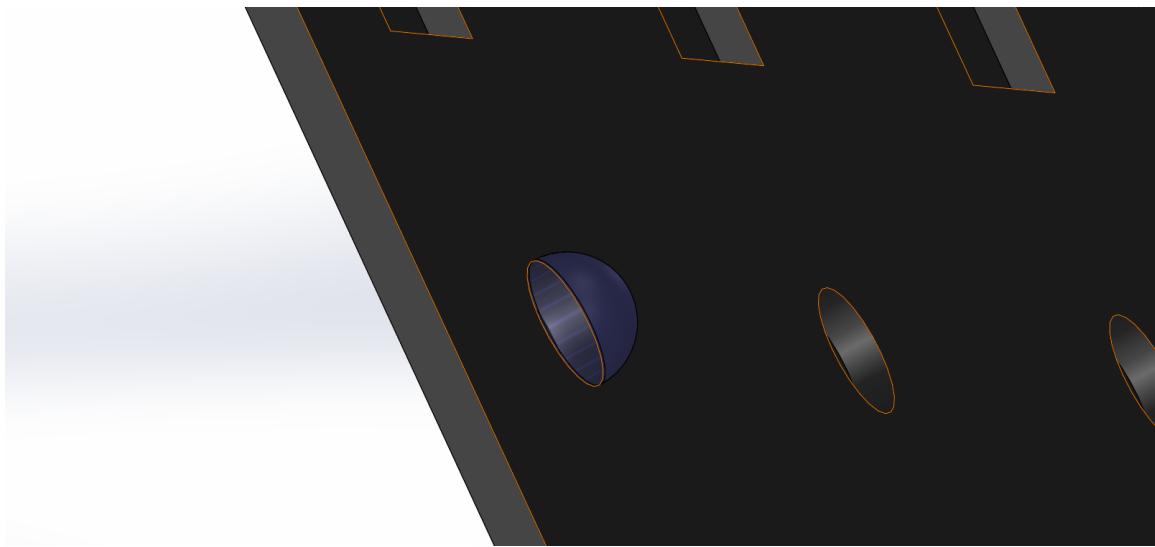
(фиг. Г-8). Отворени, те се пордеждат един до друг и така пренасянето на детайлите от техните документи върху новосъздадения Assembly документ става бързо и се намалява вероятността да се получи объркване.

Най-добър пример може да се даде, като се разгледа процеса при който един от 8-те еднакви елемента InfraredDiode се поставя на определеното за него място на платката за сензори (фиг. Г-9).

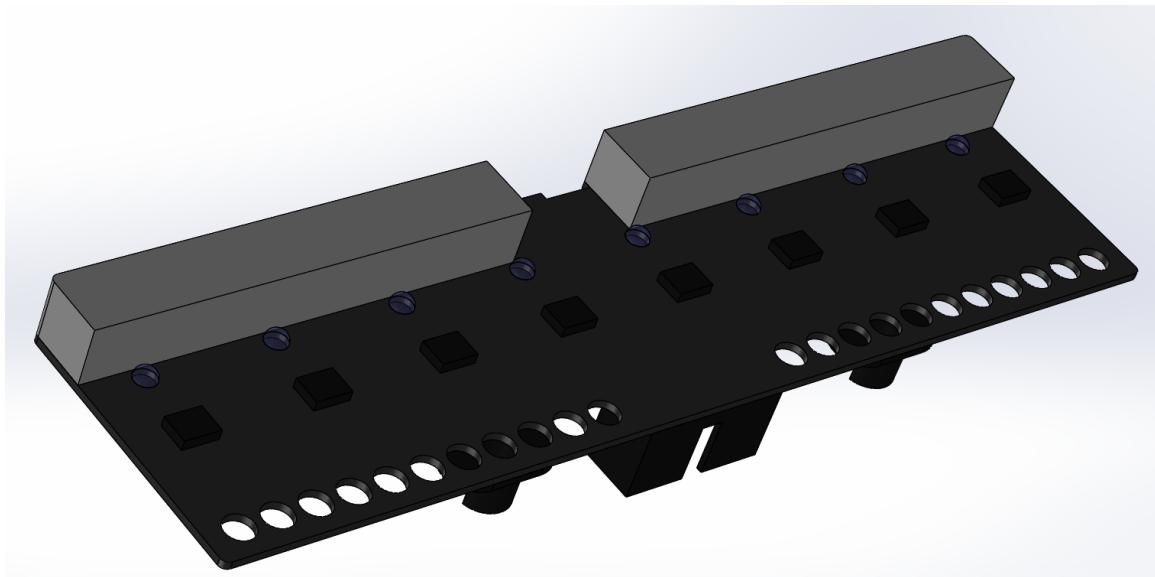
Чрез използване на инструмента Mate се създават връзките между двата детайла.

При възможност връзката трябва да се прилага между повърхнините на избраните елементи. Пренебрегването на това правило може до доведе до грешки в самия модел. Трите връзки, които трябва да се изградят в този случай са:

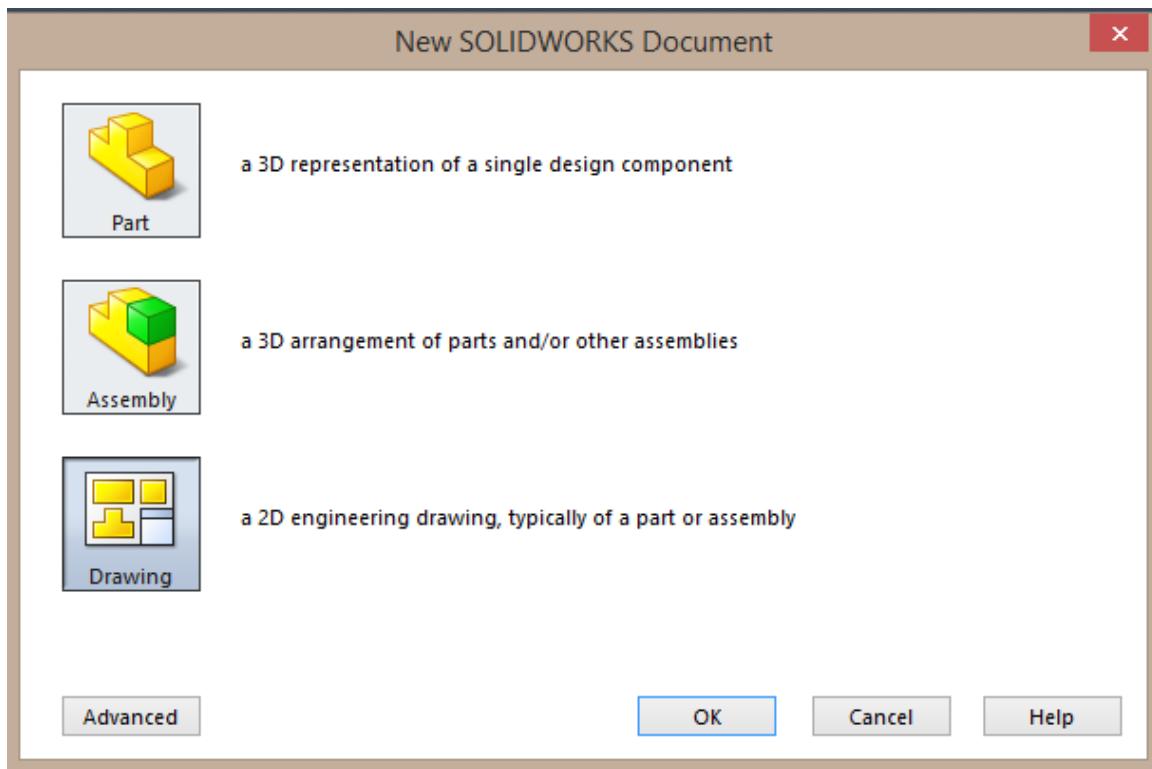
1. по основата на InfraredDiode с дъното на кръглия издълбан отвор – с цел премахване на свободното движението по Z оста;
2. по околната стена на InfraredDiode с вътрешната стена на кръглия издълбан отвор – с цел премахване на свободното движението по X и Y оста;
3. по една от трите основни плоскости и при двата детайла – с цел абсолютното позициониране в пространството спрямо сензорната платка.



Фигура Г-10: Използване на инструмента Mate



Фигура Г-11: Готовия модел



Фигура Г-12: Създаване на Drawing документ

Резултата е показан на фигура Г-10.

Подобни действия се извършват и със следващите елементи. Като краен резултат се получава фигура Г-11.

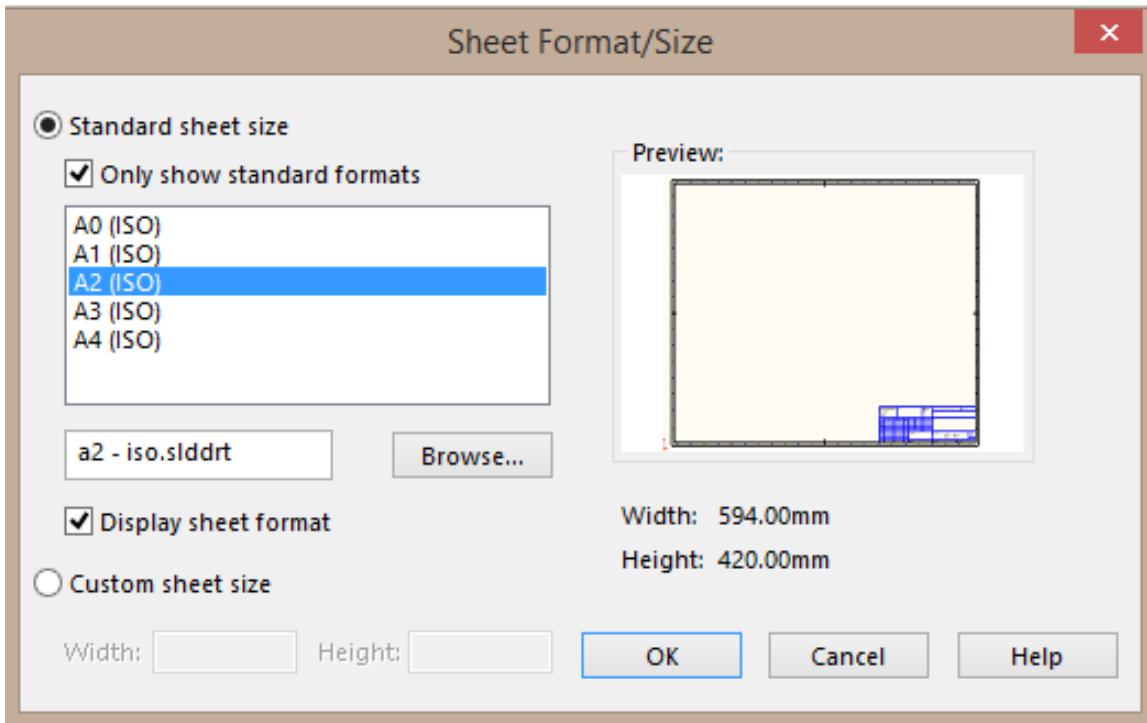
Г.5 Съставяне на чертеж на детайл или изделие

Неотменна част от изготвянето на дадено изделие е представянето му под формата на чертеж/и. Това се прави, за да бъде конструкторът наясно какви са характеристиките на самото изделие.

С цел по-добро разбиране, ще бъде изложен целия процес на изготвяне на даден чертеж на детайл и на цялостно изделие. За целата е нужно документът, който се създава да е за Drawing (фиг. Г-12).

След което се избира формата на листа, върху който ще се проектира модела (фиг. Г-13).

Цялостният чертеж притежава таблица, в която се предоставя информация



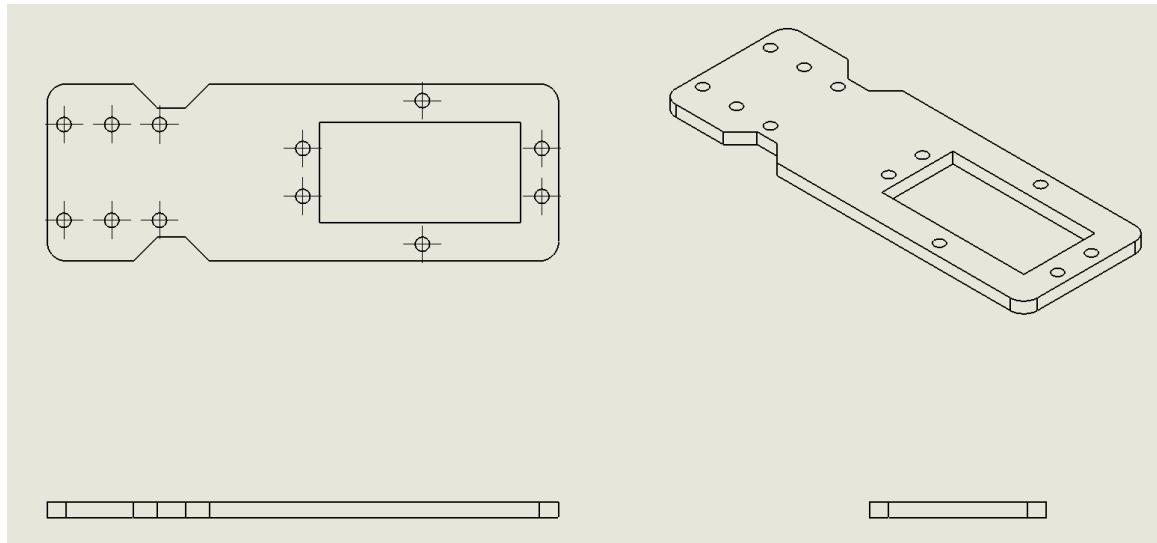
Фигура Г-13: Създаване на Drawing документ

за:

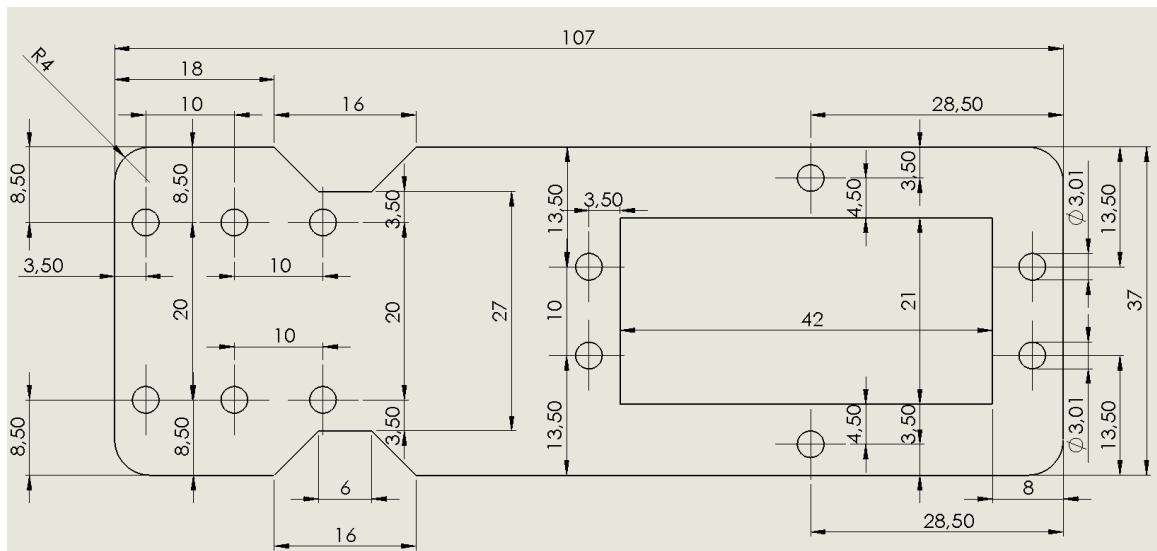
1. Как е наименован;
2. Кой го е създадел;
3. Кога е създаден;
4. Колко пъти е проверен;
5. Какво е съотношението на изгледите му в сравнение с планираното изделие;
6. От какъв материал е съставено самото изделие;
7. Каква би била реалната маса на изделието и т.н.

Г.5.1 Чертеж на детайл

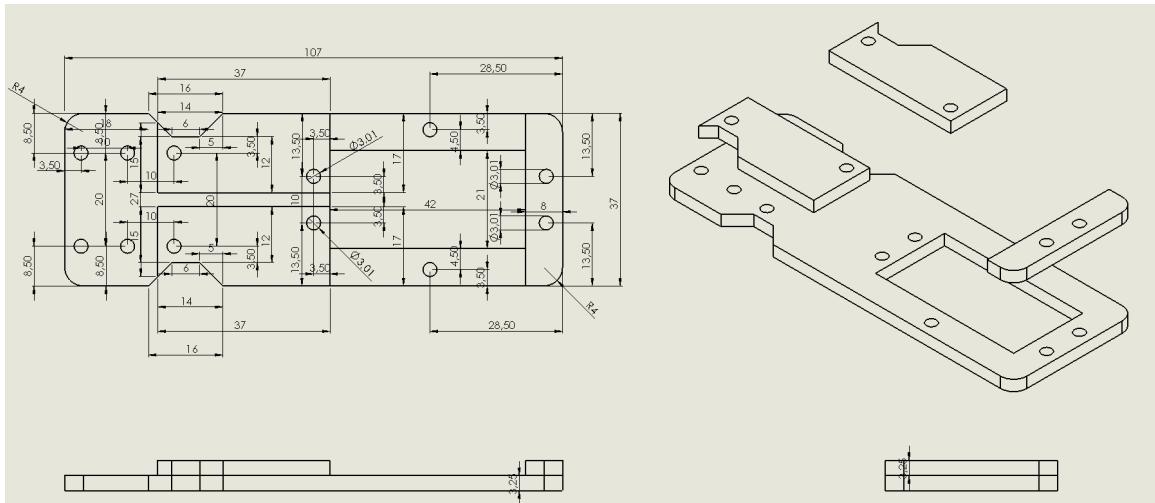
Избира се детайлът, който трябва да се проектира. След неговия избор той се поставя на листа, като се разгъват основните му изгледи ((фиг. Г-14)).



Фигура Г-14: Основни изгледи на чертежа



Фигура Г-15: Използване на инструмента Smart Dimension



Фигура Г-16: Изгледа Isometric Exploded

За представяне на размерите на детайла върху скицата се използва инструмента Smart Dimension (фиг.). При него изборът, на кои места трябва да се опишат размерите, се прави изцяло ръчно. Друг начин е автоматичното им генериране. Полезни и често използвани инструменти са – Note, Ballon, Auto Ballon, Magnetic Line, Hole Callout, Geometric Tolerance, Datum Target и Revision Cloud.

Г.5.2 Чертеж на изделие

Най-добрият начин за представяне на едно изделие е изглед при който, всеки от детайлите съставящи го е отделен от останалите. Изгледът трябва да е направен, така че да не се изгуби представата за това как би изглеждало цялостно изделието. За създаване на такъв изглед първо още в самия модел трябва да се създаде такъв. Създава се нова конфигурация, позволяваща последващо добавяне на Exploded view (разглобен изглед), при който ръчно се отместват в триизмерното пространство отделните детайли на изделието, докато се постигне желания ефект (фиг.).

След това се избира опцията File » Make Drawing From Assembly. Вече на самия чертеж от предложените изгледи се избира Isometric Exploded.

Друга важна част при изготвянето на една скица е създаването на таблица, която съдържа информация за всеки от детайлите:

1. Как са наименовани;
2. Какво представляват;
3. Какво е количеството им;

Библиография

- [1] '3d assault systems'. <http://www.3ds.com/>. Посетен на 15 март 2016г.
- [2] 'mathworks - product matlab'. <http://www.mathworks.com/company/aboutus/>.
Посетен на 20 март 2016г.
- [3] 'mathworks - product simmechanics'. <http://www.mathworks.com/products/simmechanics/>.
Посетен на 22 март 2016г.
- [4] 'mathworks - product simmechanics'. <http://exponenta.ru/educat/systemat/mahov/simmechanics.aspx>.
Посетен на 22 март 2016г.
- [5] 'Запознаване със simulink'. <http://matlab.ru/products/simulink>. Посетен на 22 март 2016г.
- [6] СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ solidworks.
<https://thesis.com.ru/software/solidworks/solidworks.php>. Посетен на 22 март 2016г.
- [7] Петър Миланов Иван Тренчев. *Введение в MATLAB*. PhD thesis, Югозападен университет „Неофит Рилски”. Посетен на 24 март 2016г.