



Středoškolská technika 2023

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

VYTVOŘENÍ 3D MODELU – Saturn v

Václav Vondra

VOŠ,SPŠ a OA Čáslav, Přemysla Otakara II. 938 , 28601 Čáslav

Modelování částí rakety

Motory F1

Reálné motory

Motory F1 byly vyvinuty společností Rocketdyne v 60. letech 20. století a použity na prvním stupni rakety Saturn V. Tyto motory byly tehdy nejvýkonnějšími raketovými motory, které byly kdy vyvinuty a produkovaly až 7,5 milionu liber tahu.



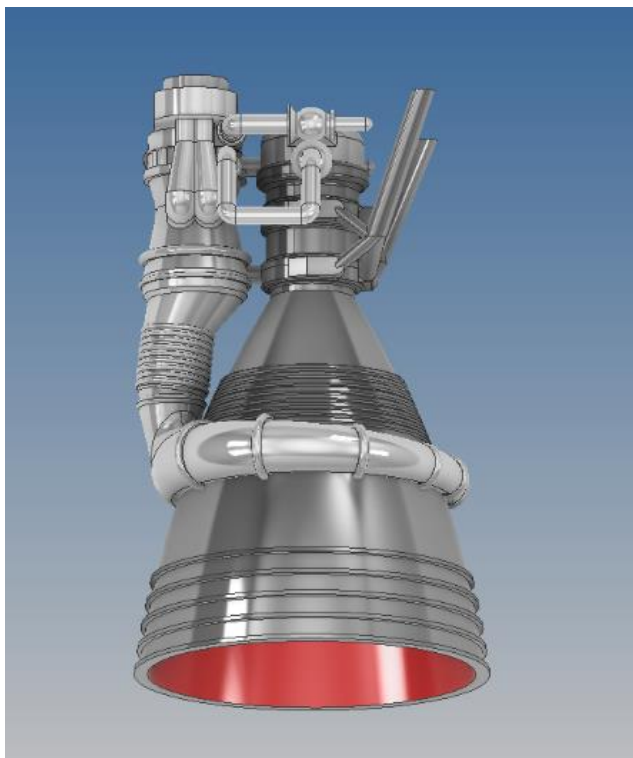
Obrázek 7 - Motor F1

Motory F1 byly spalovacími motory na kapalně pohonné látce, používaly kyslík a RP-1 (rafinovaný petrolej) jako palivo. Pro dosažení takového výkonu musely být tyto motory velmi složité a inovativní. Každý motor měl například 5 turbín, které byly poháněny proudem spalin z motoru a byly použity k pohánění čerpacích zařízení, které dodávaly palivo a kyslík do spalovací komory.

Historie značky Rocketdyne a jejich motory F1 sahá až do 50. let 20. století, kdy se společnost zabývala vývojem raketových motorů pro armádní účely. Motory F1 byly vyvinuty pro program Apollo v rámci závodu s konkurenční společností Aerojet, která vyvíjela motory J-2 pro horní stupně rakety Saturn V. Po ukončení programu Apollo byly motory F1 použity ještě v raketoplánech Space Shuttle jako pomocné motory pro zvýšení tahu během startu

Modelování motorů

Jako první jsem začal modelovat motory, rozhodl jsem se tak, jelikož mi to přišlo jako nejsložitější část rakety (a taky byla). Základní tvar jsem modeloval pomocí funkce „Rotace“. Pro rozměry jsem použil údaje z internetu, které jsem převáděl v měřítku mnou stavěnou raketu (tedy 1:96). Výsledné rozměry jsem kombinoval s mým předlohovým modelem rakety. Tyto rozměry jsem měřil digitálním posuvným měřítkem.



Obrázek 8 - Mnou vytvořený F-1

K vyrotované části motoru jsem pomocí šablonování a odsazování rovin vymodeloval opěrné nohy. Toto zabralo celkem dost času, protože jsem do teď nedělal šablonování přes několik rovin. Druhou "nohu" jsem pomocí kruhového pole vyrotoval

l na své místo. Tyto opěrné body jsem v pozdějších chvílích musel párkrát předělávat, aby měli správnou délku a dosáhly až na trup rakety.

Zbylou část motoru F1 jsem modeloval zvlášť a až v sestavě jsem ji spojil s původním tělem motoru. Bylo tomu tak, kvůli složitosti práce a špatnému přístupu na místa kde potřebuji zahájit náčrt. Ovšem nyní když toto píši, si myslím, že bych již byl schopný vymodelovat celý motor v jedné součásti, jen tehdy mi to přišlo jako snazší a lepší nápad, proto jsem se tak rozhodl. Navíc jsem díky tomuto řešení mohl snadněji barevně rozdělit tyto dvě části, které byly i ve skutečnosti jinak barevné.

Tato součást byla kombinace spousty rotací, tažení a šablonování, abych mohl přesvědčivě napodobit originál. Součásti jsem nakonec k sobě vazbil podle osy a ploch na kterých by měli být připevněny. U této součásti jsem se ještě potýkal s jedním problémem, a to byla rotace roury, která přiváděla směs na místo hoření. Tato trubka se táhla kolem těla motoru a na jedné straně byla užší a na druhé tlustší. Dále jsem potřeboval nějak znázornit její spoje, jelikož reálný přívod nebyl z jednoho kusu. Potýkal jsem se tedy s problémem, který jsem zkoušel řešit mnoha způsoby, ale nakonec jsem zvolil tažení a kruhové pole.

Motor byl tedy hotov a bylo možno ho nakopírovat 5x. ale vlastně nebylo...Podle fotek jsem si uvědomil, že pátý (prostřední) motor nebude mít stejné podpěry jako zbylé čtyři. Vrátil jsem se tedy k původnímu nákresu a v levém sloupci (prohlížeči) jsem našel moment kdy jsem modeloval tyto opěrné body. To jsem vymazal a uložil jako nový soubor. V sestavě jsem zase zkloubil obě části do jedné.

S-IC První stupeň

Reálný stupeň S-IC

Stupeň S-IC (první stupeň) byl největší a nejsilnější stupeň rakety Saturn V. Tento stupeň měl délku přibližně 42 metrů a průměr 10 metrů. Byl poháněn pěti motory F-1, každý o tahu přibližně 1,5 milionu liber. S-IC byl zodpovědný za vynesení raketoplánu a dalších nákladů na prvních několik minut letu, než byl odhozen a nahrazen dalším stupněm. Stupeň S-IC rakety Saturn V vynesl kosmickou loď a další náklad na výšku přibližně 61 kilometrů nad povrch Země.

Stupeň S-IC rakety Saturn V obsahoval dvě hlavní nádrže a osm menších nádrží. Hlavní nádrže byly umístěny v centrální části stupně a obsahovaly kapalný kyslík a kapalný vodík, které sloužily jako palivo pro motory F-1. Menší nádrže byly umístěny kolem hlavních nádrží a obsahovaly další palivo a oxidanty pro systémy řízení letu a chlazení motorů.

Hlavní nádrže měly objem 770 000 litrů a byly vyrobeny z hliníkových slitin. Kapalný kyslík a kapalný vodík byly skladovány odděleně, aby se minimalizovala explozivní směs. Během letu byly paliva a oxidanty přiváděny do motorů F-1 přes sítě trubek a ventily.

Modelování stupně S-IC



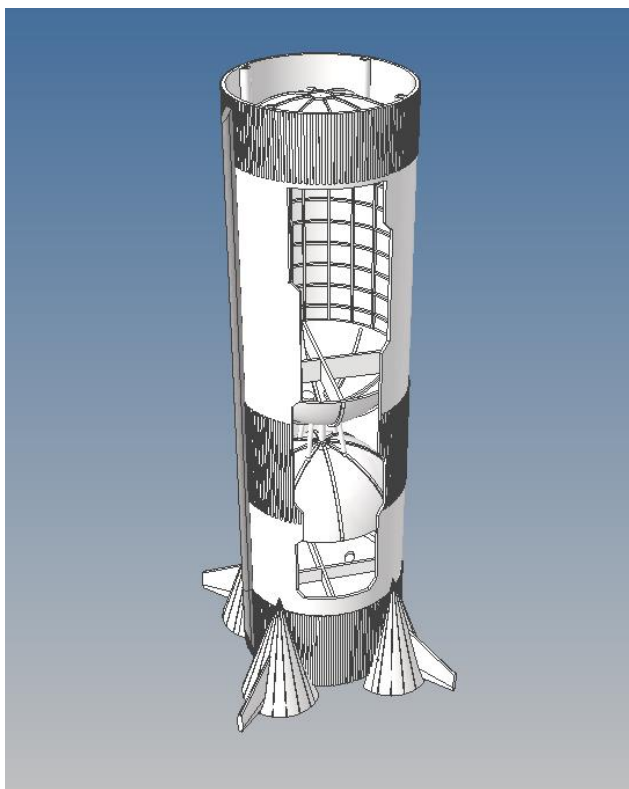
Obrázek 9 - S-IC

Modelování jsem započal z úplného spodu stupně. Pracovně jsem této součásti dal název „Podstava“. Vytvoření této části nebylo příliš obtížné, důležité bylo se soustředit na rozměry a vzdálenosti děr pro motory, aby sestavení vytisklého modelu proběhlo co nejlépe. Na tuto součást jsem v sestavě rovnou začal vazbit motory abych viděl případně vzniklé odchylky. Ty naštěstí žádné nevznikly, a tak jsem už jenom podle fotek dodělal pár detailů, aby samotný díl nevypadal hole.

Už mi zbývalo jen nakreslit náčrt samotného těla trupu a ten vytáhnout až po kopuli na vrchu, tedy horní kryt druhé nádrže. Při rýsování „vroubků“ jsem využil kruhové pole, poté již

stačilo jen vytáhnout náčrty na správné délky. Zakončení druhé nádrže na vrchu prvního stupně jsem udělal pomocí rotace a detaily jsem modeloval většinou za pomoci kruhového pole.

V hlavě jsem měl už dávno plán, jak navrhnout spojení stupňů elegantně tak, aby to nebořilo design rakety. Podél trupu jsem zevnitř vytáhl čtyři sloupky, které měli na vrchu rozměr magnetů, které jsem měl v plánu použít. Nechal jsem vůli 0,5 mm po lepidlo, jak zespod, tak ze stran magnetu.



Obrázek 10 - Můj S-IC

Předposledním úkolem na stupni S-IC pro mne bylo vymodelovat letky a krytymotoru. U složitějšího tvaru jako byly kryty motoru jsem použil šablonování skrz mnoho rovin, abych dosáhl požadovaného výsledku. V krytech jsem rovnou nechal díru, do které v sestavě budu vazbit letky, aby se mi tyto součásti k sobě vazbily snadněji. U letek bylo hlavně zapotřebí dodržet geometrii a rozměry, které jsem měl změřené z modelu, aby výsledek doopravdy připomínal letky rakety. Na poprvé se mi totiž stalo, že jsem se překoukl a geometrii změnil. Toto by poznal lajk na první pohled, že to nevypadá tak jak má.

Nejsložitější částí asi celkově na tomto stupni bylo vazební krytů motoru, musel jsem si natočit trup do správného úhlu vůči krytce a tu vazbit k ose trupu a následně ji odtud odsadit o délku poloměru trupu. Krytky jsem pak už jen pomocí pole 4x rotoval.

Zakončením by bylo vytvoření vnitřku stupně a znázornění dvou hlavních nádrží. To jsem se rozhodl ale nechat až téměř nakonec, kdybych se potřeboval vrátet ke starým náčrtům.

Motory J-2

Reálné motory J-2

Motory byly užity k pohonu dvou stupňů, S-II (druhý) a S-IVB (třetí). Druhý stupeň jich měl pět a třetí stupeň jen jeden. Věděl jsem, že na tomto motoru si musím dát velmi záležet, jelikož na raketě je jen pár součástí s takto přesnými detaily. To znamenalo, jestli chci předvést co jsem se doposud v modelování naučil mělo by to být právě tady na tomto motoru.

Princip činnosti motorů J-2 je založen na spalování kapalného vodíku a kapalného



Obrázek 11 - Motor J-2

kyslíku. Při spalování se uvolňuje obrovské množství energie, která pohání turbínu, která následně roztáčí čerpadla pro kapalný kyslík a vodík. Ty jsou pak směřovány v komoře spalovacího motoru a výsledná expanze plynu tvoří velkou sílu, která vytlačuje raketu do vesmíru.

Motory J-2 byly výrobkem společnosti Rocketdyne, která byla v té době nejvýznamnějším americkým výrobcem raketových motorů. Vývoj motorů J-2 probíhal v 60. letech 20. století a došlo k několika inovacím, které umožnily zvýšení jejich výkonu. Motor J-2 měl celkový tah až 1 033 000 N.

Modelování motorů J-2

Modelování základního tvaru probíhalo podobně jako u motoru F1. Pomocí rotace jsem vytvořil hlavní komoru. Druhý motor mi přišel mnohem detailnější než ten první a také byl složitější na tvoření. Například u tohoto motoru byla přímo umístěna malá nádržka, která ve skutečnosti obsahovala startovací směs plynů vodíku a hélia.



Obrázek 12 - Mnou vytvořený J-2

Přes to, jak byla tato součást komplikovaná, rozhodl jsem se ji tentokrát vytvořit v jednom kuse. K tvoření jsem využíval hlavně rotace, protože motor byl obklopen velkým množstvím trubek. Tvorba si také vyžadovala přesnou práci s rovinami, jelikož napojit „trubky“, které v každém ze tří směrů mířily jinam, bylo velmi komplikované. Používal jsem také mnoho kruhových rotací, ať už v náčrtu nebo samotných součástech, k vytvoření detailů.

S výsledkem motorů J-2 jsem byl ve výsledku spokojen. Jediné, co potřebovalo trochu upravit byla délka a poměr dosedacích ploch na jednotlivé stupně, a jejich navržení tak aby se daly snadno přidělat k oběma stupňům rakety.

Druhý stupeň S-II a mezistupně

Reálný stupeň S-II

Druhý stupeň měl délku 24,8 metrů a průměr 10 metrů. Byl vyroben z hliníkové slitiny a jeho hmotnost bez paliva činila přibližně 35 tun. Při startu byl naplněn palivem o hmotnosti 496 tun a oxidem dusnatým o hmotnosti 74 tun. Stupeň S-II byl odpovědný za dopravu rakety na orbitu Země a vstup na dráhu Měsíce. Tento stupeň byl poháněn pěti motory J-2, které mu poskytovaly celkový tah přibližně 1,1 milionu liber.



Obrázek 12 - S-II

Po odpálení prvního stupně se druhý stupeň oddělil a spustil své motory. Ty ho urychlily na rychlost zhruba 7,6 kilometrů za sekundu a vynesly ho na výšku kolem 185 kilometrů nad Zemí. Poté se druhý stupeň oddělil a pokračoval ve své letové dráze, zatímco kosmická loď pokračovala na Měsíc. Po svém odhození se druhý stupeň dostal na oběžnou dráhu okolo Slunce, kde se stále nachází dodnes. I když není možné jej přímo pozorovat, pravděpodobně se stále pohybuje kolem Slunce a bude pokračovat v tomto stavu po mnoho let.

Modelování stupně S-II

Modelovat jsem začal vytvořením totožného náčrtu jako na začátku prvního stupně. Udělal jsem to z toho důvodu, aby zmíněné "vroubky" pasovaly do sebe a nevznikaly mezi nimi odchylky. Doslova jsem tedy zkopíroval již mnou vytvořený náčrt a ten vytáhl na hodnoty druhého stupně. Dále jsem pokračoval již trochu složitější částí, a to tou spodní, kde jsou uloženy motory J-2. Tam jsem si odsadil rovinu, která pro mě značila maximální vzdálenost, na kterou se smím dostat, aby součásti v sestavě mezi sebou netvořily kolizi. Šablonováním

jsem si tedy vytvořil základní tvar, z kterého jsem nadále hmotu odebíral abych vytvořil místo kde jsou motory připojeny. Toto šablonování nebylo ale vůbec jednoduché. Měl jsem původní náčrt (tedy i ten prvního stupně) ten ale obsahoval 100 výklenků určitého rozměru a já ty samé výklenky potřeboval šablonovat o něco dál a v menším průměru, ale stále jich mělo zůstat 100.

Pomocí trojčlenky jsem si vypočítal velikost daného výklenku na užším náčrtu, který jsem tvořil, a to díky původnímu průměru, původní délce výklenku a novému průměru. Jelikož jsem věděl že počet se zachová stejný, nemusel jsem ho řešit. Nicméně mi to vyšlo přesně jelikož



Obrázek 13 - Můj S-II

vymodelovaná součást vizuálně vypadala jako předloha.

Po zjištění, v jakém poloměru od středu mají být motory, jsem si vytvořil základní sloupky, qwsdo kterých přijdou vymodelované součásti těchto motorů. Jelikož tento J-2 drží na třech bodech, orientoval jsem se podle prostředního (hlavního bodu). Zbylé kóty jsem si odměřil přímo ze součásti J-2 kterou jsem měl vymodelovanou. Tím jsem docílil toho, že vytváření všech styčných bodů bude přesné.

U tohoto stupně jsem dále modeloval také kopuli (kryt nádrže), ale podle fotek reálného Saturnu V, tato nádrž vypadla docela jinak, proto jsem se snažil držet reálné rakety a vytvořil vršek nádrže s úplně novým designem.

Na tomto stupni bylo taky velmi důležité sladit rotaci s prvním stupněm a hlavně s mezistupněmi, které budu popisovat. Vše jsem musel dostat do jedné roviny, ačkoli se zdá, že

celá raket je souměrná, tak není. A je důležité zachovat detailní prvky na stupních v poměru v jakém mají být pootočený, vůči jiným prvků na jiných stupních. Toto jsem mohl korigovat hlavně umístěním děr pro magnety, které raketu budou spojovat. Naštěstí jsem si na toto dával pozor již od začátku tvoření a tak jsem se mohl lehce orientovat pomocí původních rovin součástí.

Modelování mezistupně

Mezistupně jsem zde modeloval dva, jeden byl mezi prvním a druhým stupněm, a ten druhý byl mezi druhým a třetím. Tyto stupně při vzletu vytvářeli aerodynamické krytí motorů, které teprve čekali na zažehnutí. Oba mezistupně se ve chvíli odpojení stupňů, na které byly navázány se odpojily i od nich a pokračovaly v letu po orbitě samostatně.

Tyto součásti nebyly příliš náročné na tvorbu. U stupně mezi prvním a druhým, byl použit pouze jeden náčrt na základní tvar a další náčrty na vytvoření nosníků pro magnety, které jsem se takto snažil zakomponovat do těla rakety. Dále jsem zvláště vytvořil součásti, které ve skutečnosti pomáhali udržet raketu stabilizovanou. Tyto součásti jsem s mezistupněm spojil v sestavě pomocí odsazení od středu a rotací a nakopírováním těchto stupňů.

Druhý mezistupeň jsem původně plánoval spojit se stupněm S-II, nakonec mi ale přišlo lepší ho oddělit jako to bylo v realitě. Tento stupeň je mezi stupněm S-II a S-IVB a slouží jako spoj. Také poskytuje krytí pro motor J-2. Stejně jako u předchozího stupně i zde jsem si musel dát práci s přesným vyměřením děr pro magnety. Dále jsem zde využil šablonování podobně jako u druhého stupně jsem musel zmenšit průměry i vroubků.

Třetí stupeň S-IVB a přístrojová část

Opravdový stupeň S-IVB

Stupeň S-IVB byl odpovědný za poskytnutí rychlosti, kterou Saturn V potřeboval pro únik z gravitačního pole Země na oběžnou dráhu měsíce. Stupeň měl výšku 17,8 metru a hmotnost měl 119 000 kilogramů. Tah měl ve vakuu až 1 040 kN. Stupeň byl vybaven jedním motorem J-2 a dalšími šesti pomocnými motory.



Obrázek 14 - S-IVB

Modelování stupně S-IVB

Tento stupeň sám od sebe nebyl příliš odlišný od předešlých stupňů. Byl menší a užší, to ano, ale princip střídání hladkého povrchu s vroubkováním zůstal. Čím ale stupeň S-IVB vystupuje z řady je rozhodně počet přidávaných součástí a různých detailů po trupu. Tím, že se zde nacházela i přístrojová část, která je níže zmíněná, bylo k trupu přiděleno mnoho senzorů. Právě ty bych tady u této součásti vypíchl. Všechny jsem je tvořil přímo v jedné součásti, a ne až v sestavě jako dříve. Snažil jsem se přesně napodobit v jakém úhlu se vůči sobě nacházejí i co nejdetailněji napodobit jejich předlohu.

Součástí tohoto stupně je také dokovací místo pro LM, tedy Lunární modul. Jelikož i ve skutečné raketě tam byl modul velice natěsno, snažil jsem se rozměry napodobit. Už jen kvůli

tomu abych modul mohl udělat co největší a zobrazit tak co nejvíce detailů. Zúžená špička tedy musela svírat přesný úhel, který měl.



Obrázek 15 - Mnou vytvořený S-IVB

Zúženou špičku jsem nakonec oddělil od zbytku třetího stupně, aby vložení modulu bylo snazší a podle předlohy bylo možné realizovat ukázkou spojení LM a SM (více v jednotlivých kapitolách). Při tvorbě jsem přemýšlel, zda by se nemohl nechat modul vkládat vyříznutým otvorem, ale podle propočtů jsem zjistil, že by měl být tak velký, že by to nešlo, proto další rozdělení trupu navíc částí.

Přístrojová část

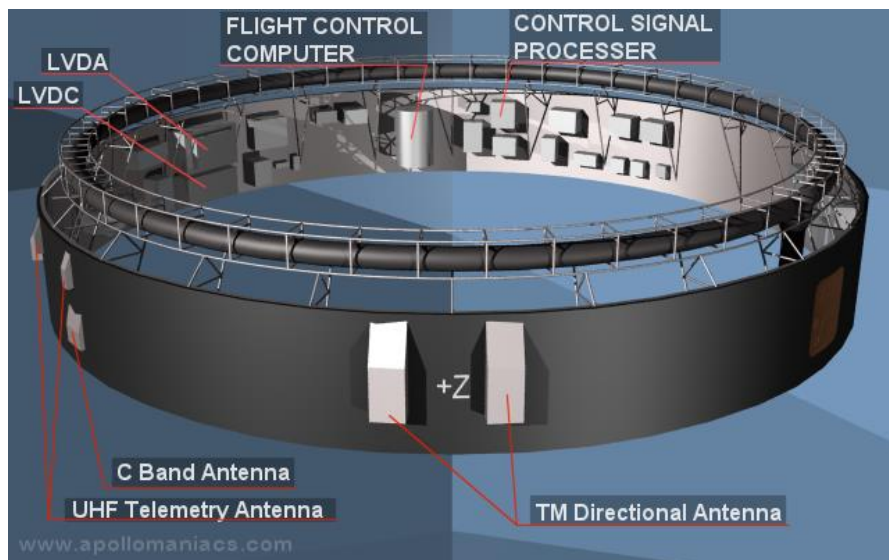
Hlavními součástmi přístrojové části byly:

Navigační a řídicí systémy: Tyto systémy byly odpovědné za sledování a řízení letu rakety. Zahrnovaly gyroskopy, akcelerometry, magnetometry a další senzory, které poskytovaly data o poloze a rychlosti rakety.

Komunikační zařízení: Tato součást byla odpovědná za přenos dat a komunikaci mezi posádkou a řídicím střediskem na Zemi. Zařízení obsahovalo antény a vysílače, které umožňovaly vysílat a přijímat signály.

Přístrojová část byla umístěna na vrcholu stupně S-IVB a byla oddělena od zbytku rakety pomocí oddělovacího systému. Po dosažení požadovaného bodu na letové dráze se přístrojová část oddělila a pokračovala v letu samostatně, zatímco zbytek rakety pokračoval k Měsíci.

Fungování přístrojové části bylo zajištěno vyspělými elektronickými systémy a senzory, které kontrolovaly a řídily všechny aspekty letu rakety. Tato část rakety byla klíčová pro úspěšný průběh mise programu Apollo.



Obrázek 16 - Přístrojová část

Modelování přístrojové části

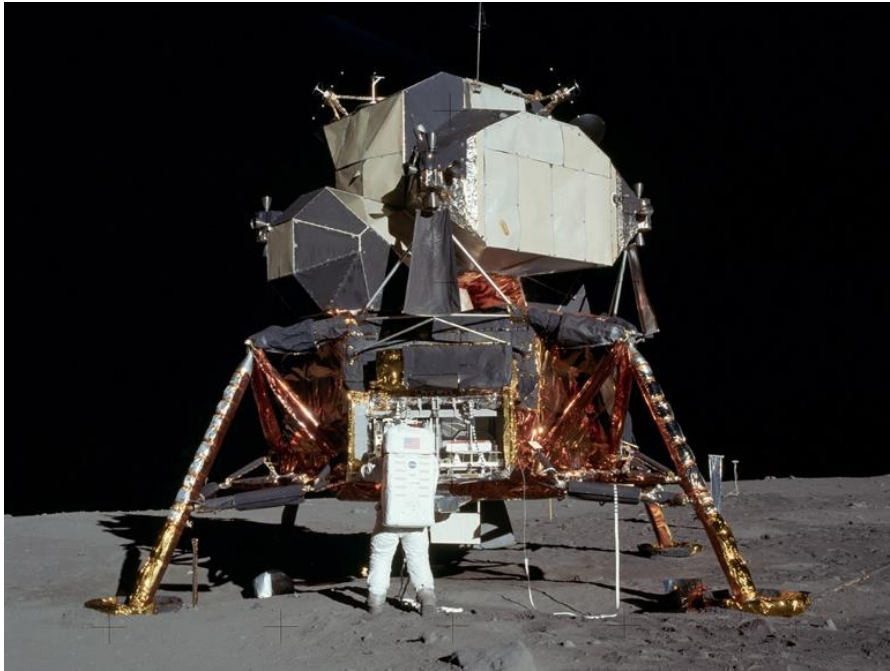
Modelování přístrojové části bylo zakomponováno do stupně S-IVB. Jelikož i ve skutečnosti byla tato část součástí tohoto stupně, rozhodl jsem se ho neoddělovat, ale přišel mi celkem důležitý v programu Apollo, a tak jsem se ho rozhodl i zmínit.

Lunární modul

Opravdový lunární modul

Přistávací modul Saturnu V byl určen pro přistání na Měsíci a zajištění bezpečného návratu posádky zpět do vesmíru. Modul měl dvě části: spodní část, která obsahovala motor pro přistání na Měsíci a horní část, která obsahovala kabiny pro dva astronauty a vybavení.

Spodní část přistávacího modulu byla vyrobena z hliníkových slitin a titanu, aby byla co



Obrázek 17 - Lunární modul

nejlehčí, ale zároveň dostatečně odolná. Obsahovala hlavní motor, který byl použit pro brzdění a přistání na povrchu Měsíce, a menší manévrovací motory, které umožňovaly přesné řízení a stabilizaci modulu při přistání.

Horní část přistávacího modulu byla rozdělena na dvě kabiny pro astronauty, oddělené přepážkou. Každá kabina měla své vlastní ovládací prvky a přístroje, aby mohli astronauti pracovat nezávisle na sobě. Kabiny byly také vybaveny zásobami vzduchu, vody a jídla pro přežití na Měsíci.

Přistávací nohy byly umístěny na spodní části modulu a sloužily k absorpci nárazu při přistání na nerovném povrchu Měsíce. Nohy byly navrženy tak, aby se mohly přizpůsobit terénu a umožnily tak bezpečné přistání a výstup astronautů z modulu.

Celkově byl přistávací modul Saturn V navržen a vyroben tak, aby mohl přistát na nerovném a drsném povrchu Měsíce a poskytnout astronautům bezpečné a spolehlivé

prostředky pro průzkum a výzkum Měsíce. Po dokončení mise se přistávací modul oddělil od servisního modulu a nezávisle se vrátil na Zemi, kde zůstal v atmosféře a zcela shořel.

Modelování lunárního modulu

Tvoření Lunárního modulu jsem si nechal až nakonec, přesto, že ho zde uvádím v posloupnosti od zdola rakety na správném místě. Bylo tomu tak, že jsem vyhodnotil tuto součást jako nejtěžší na zpracování a rozhodl jsem se ji nechat nakonec. Jelikož jsem prostor kde se modul bude nacházet již měl hotov pokračoval jsem tak dál po vršku rakety a k modulu



Obrázek 18 - Mnou vytvořený Lunární modul

jsem se vrátil až nakonec.

Od začátku mi bylo jasné, že tvorba této součásti bude tak trochu freestyle, jelikož se na něm nachází mnoho různých tvarů, které se přelévají do jiných a takto se dále kombinují. Nicméně jsem se stále snažil zachovat co největší přesnost, a to šlo hlavně u dokovacích částí modulu (tedy ta s opěrnými nohama, která ve výsledku dosedne na povrch měsíce.

Podle mého orientačního modelu jsem si zjistil, jakých velikostí tato podstava má dosahovat a dal jsem se do náčrtu. Nejprve jsem vymodeloval hlavní těleso což byl nepravidelný osmiúhelník. Ten jsem šablonoval do dalšího nepravidelného osmiúhelníku nicméně se změněnými délkami stran. Jednoduchou rotací jsem vymodeloval motor na spodku této stanice a pokračoval jsem dosedacími plochami.

Dosedací plochy neboli mnou neodborně nazývané "nohy" byly asi nejobtížnější na celé raketě. Modeloval jsem je hlavně za pomoci odkloněných rovin pod určitým úhlem a tvar jsem

z 90 % rotoval. Hodně jsem si zde pomáhal zrcadlením přes rovinu. Výslednou nohu jsem vyrotoval kolem součásti ale mohl jsem ji nakopírovat pouze 3x. Bylo to z toho důvodu, že poslední strana, na které se nacházel žebřík byla cíleně nesouměrná. Tuto poslední nohu jsem musel dělat zvlášť a k ní stvořit žebřík. Takto hotové jsem to pokusně vložil do rakety, ale stalo se přesně to, čeho jsem se obával. Podstava byla příliš široká a kolidovala se stěnou trupu.

Po přeměření jsem zjistil že jsem příliš daleko odsadil plochy, na kterých jsem tvořil nohy. Bohužel tím, že dosedací plochy byly tvořeny několika procesy za sebou, nešlo je jen tak přiblížit k tělu modulu. O pár stupňů jsem je přiklonil k modulu, aby se zmenšila celková šířka (to program dokázal přijmout a u všech změnit). Konstrukci jsem tedy měl přiblíženou, ale samotné nohy jsem celé musel modelovat znova. Naštěstí na podruhé mi to vyšlo a já se mohl pohnout dál.

Dále bylo na řadě samotné tělo modulu. Jak jsem již avizoval, zde to pro mne byla spíše hra s tvary než skutečný nákres a přesné vytažení nebo zaoblení. Snažil jsem se přiblížit celkovým rozměrům a tvarům reálného modulu, ale stejně jsem musel spoustu detailů stylizovat. Na modulu je patrný vchod, který je hned za žebříkem a také jsem se snažil co nejpřesněji napodobit dva satelity které na modulu jsou.

Stejně jako u dalších částí rakety i zde jsem tvořil části, které jsou součástí RCS (Reaction control systém). Jsou to malé prvky, které slouží ke korigování natočení modulu a směru letu. Jsou celkem čtyřikrát. Konkrétně má zmenšená a stylizovaná součást napodobuje konstrukci opatřenou čtyřmi malými tryskovými motory.

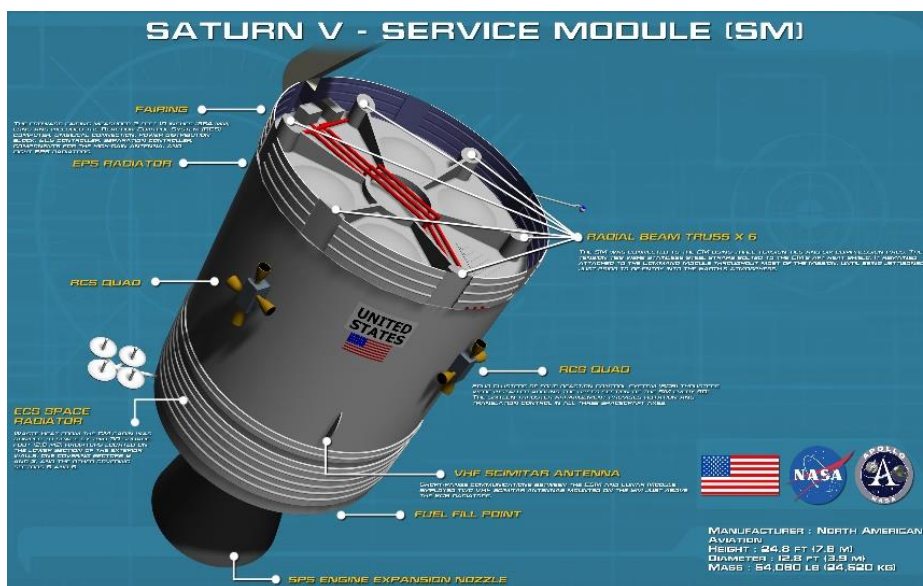
Servisní modul

Opravdový servisní modul

Servisní modul (SM) byl druhým ze tří modulů, které tvořily raketu Saturn V. Byl umístěn za přistávacím modulem a sloužil jako podpůrný modul pro posádku během mise.

Servisní modul byl válcovitého tvaru o průměru 6,6 metru a výšce 7,6 metru. Hmotnost servisního modulu byla asi 26 000 kilogramů. Modul byl napájen solárními panely, které se nacházely na jeho povrchu a poskytovaly elektřinu pro všechny systémy na palubě.

Servisní modul obsahoval mnoho klíčových systémů, včetně palivové nádrže pro motor,



Obrázek 11 - Servisní modul

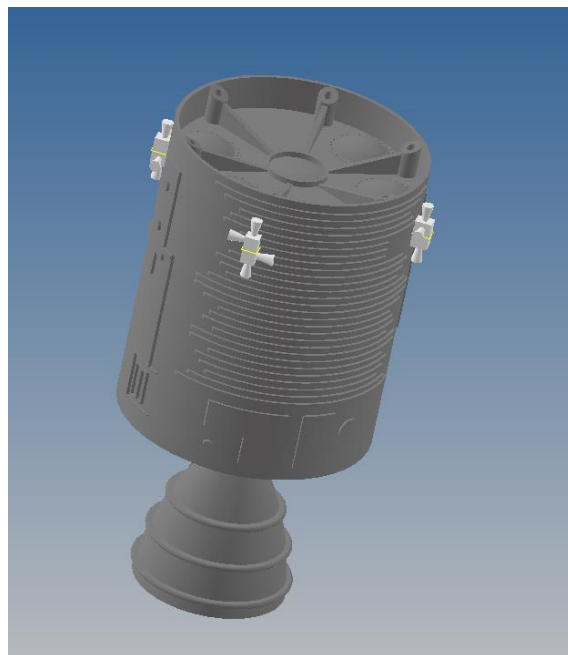
hydraulických a pneumatických systémů pro řízení motorů a stabilizaci modulu, systému pro řízení teploty a klimatizace, navigačního a komunikačního vybavení a dalších důležitých prvků pro bezpečnou cestu kosmickou lodí.

Po úspěšném dokončení mise servisní modul zůstal ve vesmíru. Buď se stal součástí povrchového prostředí Měsíce nebo do teď koloje na oběžné dráze Země.

Modelování servisního modulu

Základní tvar včetně motoru jsem zhotovil v jednom náčrtu a vymodeloval jsem ho pomocí jediné rotace. Na vrchu tohoto modulu si můžete všimnout různých detailů, kterých jsem se snažil přidržet, ale ovšem jsem od něčeho musel upustit. Po vytisknutí jsem přišel na to, že detaily, které jsem vytvořil jsou tiskárnou ještě více zjednodušené a nejlépe jsou tedy vidět přímo v Inventoru. Jak je výše psáno, tento modul byl opatřený mnohými solárními panely a různými senzory. Povrch tedy nebyl hladký ale zase plný různých lehce vystouplých tvarů.

Tyto tvary jsem dělal hlavně pomocí funkce reliéfu, ta mi jednoduše umožnila nakreslit



Obrázek 12 - Mnou vytvořený Servisní modul

si v náčrtu přesný tvar a dále už jsem si jen zvolil výšku reliéfování. Jelikož podle mé předlohy byla většina detailů osově souměrná s druhou stranou, využil jsem zrcadlení přes základní plochu a reliéf nakopíroval.

Řídicí modul

Opravdový řídicí modul

Tento modul se nachází na vrcholu rakety a slouží jako řídicí centrum pro let k Měsíci. Je to nejvýše položený a nejvíce vyspělý modul na Saturnu V.



Obrázek 13 - Řídicí modul

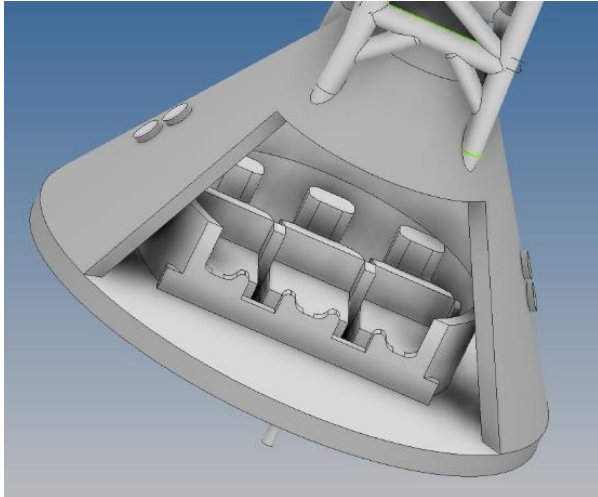
Řídicí modul se skládá ze dvou částí – přístrojové desky a kabiny pro posádku. Přístrojová deska obsahuje všechny potřebné nástroje pro řízení letu, včetně navigačních přístrojů, komunikačních systémů a systémů řízení letu. Kabina pro posádku obsahuje tři sedačky pro piloty, kteří jsou zodpovědní za řízení letu.

Řídicí modul je navržen tak, aby byl schopen vydržet velké tepelné zatížení během vstupu do atmosféry Země po návratu z Měsíce. Kabina je vyrobena z několika vrstev odolného materiálu a je chráněna speciálními tepelnými štíty, které pomáhají minimalizovat tepelné zatížení na kabiny a na posádku.

Řídicí modul také obsahuje systém parachute, které pomáhají při snížení rychlosti a zajišťují bezpečné přistání na zemi. Po ukončení mise se řídicí modul oddělí od ostatních částí rakety a s pomocí svých padáků přistane na zemi.

Modelování řídicího modulu

Před prací na tomto modulu jsem přemýšlel, jak zobrazit vnitřek modulu, jelikož Astronauty nechránila pouze jedna vrstva. Rozhodl jsem se nakonec udělat řez přes všechny vrstvy s tím, že jsem je neodstraňoval úplně ale jen z části, aby bylo vidět, že tam jsou a hlavní co jsem chtěl zobrazit bylo místo kde je po čas letu posádka.



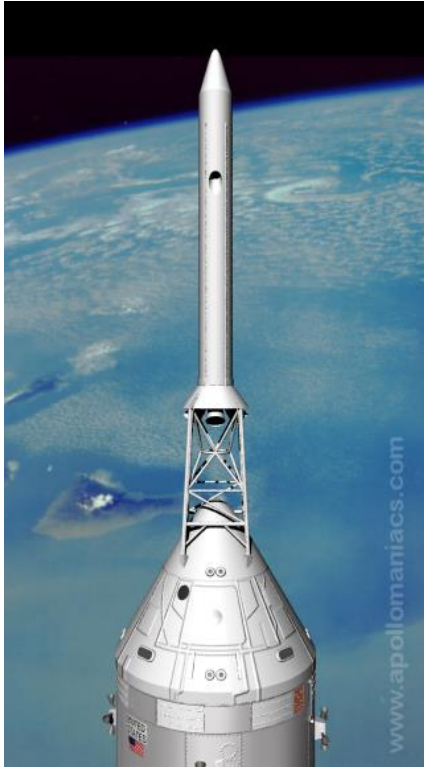
Obrázek 14 - Mnou vytvořený Řídicí modul

Zde jsem si při modelování vytvořil kruhový tvar, který je v kontaktu s modulem SM a na něm jsem začal tvarovat místa pro astronauty. Vytvořil jsem prostřední pomocí pěti tažení a s nějakými úpravami jako zkosení a zaoblení a pak dvě z každé strany jsem si už pomocí zrcadlení nakopíroval. Kolem těchto sedadel jsem vytvořil oba ochranné štíty, které jsem rotoval pouze z části kvůli vzhledu dovnitř. Bohužel přístrojová deska byla příliš malá a detailní na 3D tisk tak jsem se rozhodl jen takto vymodelovat míst astronautů.

Únikový systém

Opravdový únikový systém

Saturn V měla dva hlavní typy únikových systémů: pasivní a aktivní. Pasivní únikový systém zahrnoval izolaci palivových nádrží a jejich ochranu před explozí, pokud by došlo k



Obrázek 15 - Únikový systém

výbuchu paliva nebo oxidantu.

Aktivní únikový systém Saturnu V byl navržen tak, aby umožnil rychlý únik posádky z raketoplánu v případě nouze během startu. Tento systém byl složen z několika částí, včetně vypouštěcí věže, záchytného mechanismu, padákového systému a dalších bezpečnostních opatření.

Vypouštěcí věž byla umístěna na vrcholu raketoplánu a obsahovala rychloupínací mechanismus, kterým byl raketoplán připevněn k nosiči před startem. Pokud by došlo k nehodě během startu, mechanismus by se uvolnil a vypouštěcí věž by se oddělila od raketoplánu.

Vypouštěcí věž byla vyrobena z hliníkových slitin a měřila přibližně 12 metrů výšky. Byla tvarovaná jako kužel, aby minimalizovala aerodynamický odpor během letu a umožnila snadné oddělení od raketoplánu. Na věži byly umístěny také různé senzory a přístroje, které monitorovaly stav raketoplánu a přenášely informace do řídicího střediska.

Modelování únikového systému

Vypouštěcí věž neboli mnou pracovně nazvaná "špička" byla poslední část samotného Saturnu V (lunární modul nepočítám). Modeloval jsem ji sice společně s řídicí modulem, jelikož jsem potřeboval vidět jaké má mít rozměry, ale ve skutečnosti byla oddělená a odděleně



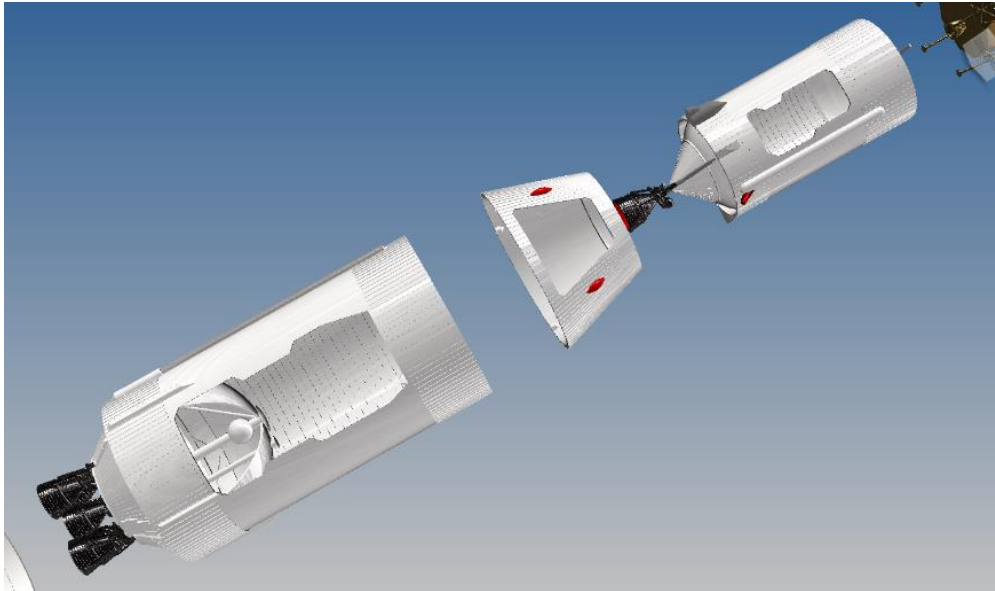
Obrázek 16 - Mnou vymodelovaný únikový systém

o ni i píšu. Po stanovení základních rozměrů, kterým jsem se měl přiblížit (např. výška, šířka, šířka v polovině atd.) jsem vytvoval základní jednoduchou špičku a od té jsem se propracovával dál.

Vytvořil jsem čtyři základní nohy, mezi kterými jsem potom modeloval vzpříčené trubky. Rozdělil jsem si jednu celou nohu na úseky (celkem na čtyři) a vždy jsem věděl z kterého konce úseku má jít kam jaká trubka, ať už příčně nebo diagonálně. Dalo mi hodně práce přesně odsadit roviny a naklonit je na správný úhel. Výslednou stranu mi už jen stačilo rotovat čtyřikrát kolem osy špičky. Přes to, že jsem se této součásti bál, nakonec nebyla zas až tak náročná, jak se třeba může zdát.

Modelování průhledů do rakety

Po tom, co jsem měl celou raketu složenou v sestavě aplikace Inventor jsem se vrhl do dalších úprav. Bylo tomu tak, kdybych náhodou nestíhal termín tak jsem vzhled vnitřku Saturnu V mohl vynechat. Nicméně jsem vše měl hotové ještě před mnou stanoveným termínem, a tak jsem se mohl vrhnout do práce.



Obrázek 17 - Příklad vymodelovaných průhledů

Modelování tentokrát popíši jako celek, jelikož vnitřky nádrží se málokdy lišily. Tím, že jsem stupně modeloval již duté bylo celkem snadné vytvořit "interiér". V rovině podél rakety jsem si vytvořil náčrt, v kterém jsem si nakreslil, jak chci, aby vyřiznutí vypadalo. Nechtěl jsem dělat obyčejné obdélníky nebo kruhy. Proto jsem zvolil tento "futuristický styl".

Při tvoření vnitřku jsem se řídil hlavně pomocí digitálních obrázků v řezu rakety. Dle těch jsem si od oka určil rozměry, bohužel nic jiného jsem na výběr neměl, přesnější kóty NASA nezveřejnila. Většina tohoto modelování byla hlavně tvořena za účelem toho, aby si zájemce dokázal představit, jak asi to uvnitř vypadá. Nejvýraznější částí jsou kopule. Ty byly vždy tvořeny rotací náčrtu. A poté detaily (pilíře, přečerpávající trubky mřížkovitý povrch vnitřku trubky). U součástí, které se byly v pravidelném intervalu po kruhové ose, jsem využil rotaci objektu. Například u zmíněné mřížky jsem v náčrtu vodorovných pilířů využil pole a poté náčrt taktéž rotoval. U svislých jsem pouze rotoval objekt v daném počtu, aby vznikla adekvátní mřížka.

Stojánek

Stojánek jsem původně zamýšlel vytvořit taktéž v Inventoru a poté tisknout ale vzhledem k obsazenosti školních tiskáren jsem od tohoto opustil a rozhodl se vytvořit jednoduchý stojánek pomocí dřevěné latky jako podstavy a drátů jako držáku. Na papíře jsem si rozkreslil, jak bych si představoval mít raketu rozloženou a podle toho jsem dráty umísťoval na prkno. Každý stupeň si žádal jiné uchycení, proto jsem musel být kreativní při plánování těchto držáků.



Obrázek 18 - vytvořený stojánek

Po obroušení prkna jsem si na něm vyznačil značky pro vrtání ve vzdálenosti, ve kterém jsem si představoval mít model. Po vyvrtání děr v průměru drátu, který do díry budu vkládat jsem se vrhnul na vizualizaci stojánku. Chtěl jsem, aby byla raketa snadno odnímatelná a zároveň aby pevně držela na svém místě. Pro každý stupeň či modul jsem tedy vytvořil zvlášť tvarovanou druh držáku. Zaměřil jsem se na jednoduchost a elegantní řešení. Dráty jsem poté ukotvoval v díře pomocí tavné pistole, kterou jsem díru před vložením drátu zalil. Tím jsem ji zajistil ve vertikálním pohybu.