

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Standardizace konstrukčních prací u přípravků pro kontrolu světlometů

Design Standardization for Headlight Checking Fixtures

Student:

Bc. Zdeněk Drozd

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Libor Nečas Ph.D.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Zdeněk Drozd**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 10 Technologický management
Téma: Standardizace konstrukčních prací u přípravků pro kontrolu světlometů
Design Standardization for Headlight Checking Fixtures

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Náplň a popis konstrukční práce
2. Popis programu a jeho důležitých funkcí
3. Představení nově vzniklé struktury
4. Příklad a zhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] ŘASA, Jaroslav, Jindřich KAFKA a Václav HANĚK. *Strojírenská technologie 4: Návrhy nástrojů, přípravků a měřidel*. 1. vyd. Praha: Scientia, pedagogické nakladatelství, 2003, 503 s. ISBN 80-7183-284-7.
- [2] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE, *Richard G BUDYNAS a Milo VLK (ed.)*. *Konstruování strojních součástí*. 1. vyd. Brno: VUTIUM, 2010, 1159 s. P. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [3] FABIAN, Michal a Emil SPIŠÁK. *Navrhování a výroba s pomocí CA. technologií*. CCB, 2009, 398 s. ISBN 978-80-85825-65-7.

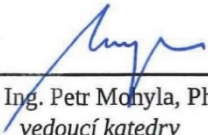
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Libor Nečas, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016





doc. Ing. Petr Mchyla, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci, včetně příloh, vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 16.5.2016


.....
podpis

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 16.5.2016


.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Zdeněk Drozd

Adresa trvalého pobytu autora práce: Alšova 1145, 742 21 Kopřivnice

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Drozd, Z.: *Standardizace konstrukčních prací u přípravků pro kontrolu světlometů: diplomová práce*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2016, 45 s. Vedoucí práce NEČAS, L.

Diplomová práce se zabývá zefektivněním konstrukčních prací u kontrolních měřících přípravků pro světlometry. V úvodu práce je představena firma a její pobočka v Novém Jičíně, která se danou problematikou zabývá. Poté následuje představení současné konstrukční metody přípravků a software, v jakém konstrukce probíhá. Po definování problémů vznikajících během současné metody konstrukce bude představen nový způsob konstruování přípravků, který je uplatnitelný pro jakýkoliv typ světlometu. Závěr práce je věnován porovnání současného způsobu konstrukce s navrhovaným způsobem a zhodnocení hlavních přínosů nové formy standardizace.

ANOTATION OF DIPLOMA THESIS

Drozd, Z.: *Design Standardization for Headlight Checking Fixtures: Diplom Thesis*. Ostrava: VŠB Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of mechanical Technology, 2016, 45 s. Thesis head NEČAS, L.

The dissertation deals with greater efficiency of design work for testing measuring instruments for headlights. At the beginning, it introduces a company and its branch in Novy Jicin, which focuses on the issue. It is followed by an introduction of current design methods for instruments and software, in which the design takes place. After defining issues occurring during the current design method, a new method of instrument design is presented. This method can be used for any types of headlights. The final part of the dissertation is dedicated to the comparison of the current method and the proposed method as well as an assessment of the main benefits of the new form of standardization.

Úvod

Kontrolní měřicí přípravky jsou určeny pro rychlou rozměrovou a tvarovou kontrolu vyráběných dílů. Konstrukce těchto přípravků probíhá v pobočce firmy AUFEER DESIGN v Novém Jičíně již několik let. Dříve práce probíhala v systému Catia V4, dnes je to již v novější verzi Catia V5.

Pobočka v Novém Jičíně se specializuje jak na metodu konstrukce přípravků pro světlometry, tak i na metodu kontrolních přípravků pod názvem Cubing.

Metoda Cubing je založena na principu práce s konstrukční strukturou v Catii V5, díky které není potřeba tvořit konstrukci přípravku od počátku, ale stačí pouze upravovat a dotvářet předem vytvořenou, konstrukční strukturu do finální fáze přípravku. Právě díky preciznosti zpracování této metody a její úrovně standardizace v softwaru Catia V5 se zrodila myšlenka, zavést podobný způsob i do problematiky konstrukce kontrolních přípravků pro světlometry.

Po několika letech zkušeností s tvorbou přípravků pro světlometry by se dal očekávat větší posun konstrukční práce, než jen začínat s konstrukcí přípravku pokaždé od počátku. Z tohoto důvodu je důležité se touto tematikou zabývat a považovat aplikaci konstrukční struktury z metody Cubingu do metody konstrukce přípravků pro světlometry za více než vhodnou.

OBSAH

Úvod.....	
1 Problematika konstrukčních prací ve firmě AUFEER DESIGN	8
1.1 Základní charakteristika firmy AUFEER DESIGN	8
1.2 Historie firmy	9
1.3 Organizační struktura a firemní expozitury	9
1.4 Konstrukce přípravků pro automobilový průmysl v expozituře v Novém Jičíně .	10
1.4.1 Problematika konstrukce přípravků pro kontrolu světlometů.....	12
1.4.2 Požadavky na řešení standardizace a simplifikace konstrukčních prací.....	14
2 Zavedení standardizace v CAD systémech	15
2.1 Tvorba úvodní fáze konstrukce přípravku pro světlomet	15
2.2 Možnosti standardizace v CAD prostředí	18
2.3 Systém Catia V5, používaný pro konstrukce přípravků.....	21
2.4 Konstrukční metoda Skeleton v rámci softwaru Catia V5.....	23
2.5 Současný postup konstrukce přípravků v Catii V5	25
3 Návrh optimalizace tvorby konstrukční struktury	26
3.1 Návrh postupu s předdefinovanými komponenty	26
3.2 Možnosti dalšího rozvoje a potenciálu struktury	36
4 Vyhodnocení přínosu navržené standardizace	37
4.1 Charakteristika definice úspor u konstrukčních prací	37
4.2 Ekonomické vyhodnocení konstrukčních prací	39
Závěr	

1 Problematika konstrukčních prací ve firmě AUFEER DESIGN

Na počátku této diplomové práce bude představena firma, která působí nejen v českém, ale i v zahraničním průmyslu, již několikátým rokem a díky tomu zde má určitou tradici. Vlastní zkušenost a spolupráce s touto firmou byla podnětem pro téma této diplomové práce.

1.1 Základní charakteristika firmy AUFEER DESIGN

Mezinárodní společnost AUFEER DESIGN, s.r.o. (IČO 26159031, DIČ CZ26159031), je obchodní společností s hlavním sídlem na registrované adrese Bucharova 1314/8, 158 00 Praha 5. Hlavní kancelář firmy ovšem sídlí na adrese Ptácká 156, 293 01 Mladá Boleslav.

Hlavním předmětem podnikání je příprava a vypracování technických návrhů, grafické, kresličské práce a v neposlední řadě také dodávka svařovacích linek. Výše majetku společnosti byla k prosinci roku 2014 v celkové hodnotě 226 371 000 Kč, z toho vlastní kapitál společnosti dosahoval hodnoty cca 46 milionů. Vlastníky společnosti jsou její zakladatel Jan Plachý s majoritním podílem 33% a dále pak společnosti ASTROTRACK LIMITED, TENDERLIGHT LIMITED a M.I.L. MATINVESTMENTS LIMITED. Zisk firmy za rok 2014 činil 28 milionů. Firma zaměstnává 180 zaměstnanců.



Obr. 1 – Hlavní kancelář firmy v Mladé Boleslavi [16]

1.2 Historie firmy

Společnost AUFEER DESIGN má za dobu své existence několik důležitých milníků. Mezi ty nejdůležitější patří především tyto:

2000 – založení společnosti, zaměření převážně na automobilový průmysl

2001 – změna sídla společnosti do Mladé Boleslavi

2007 – otevření poboček společnosti na Slovensku a v Mexiku

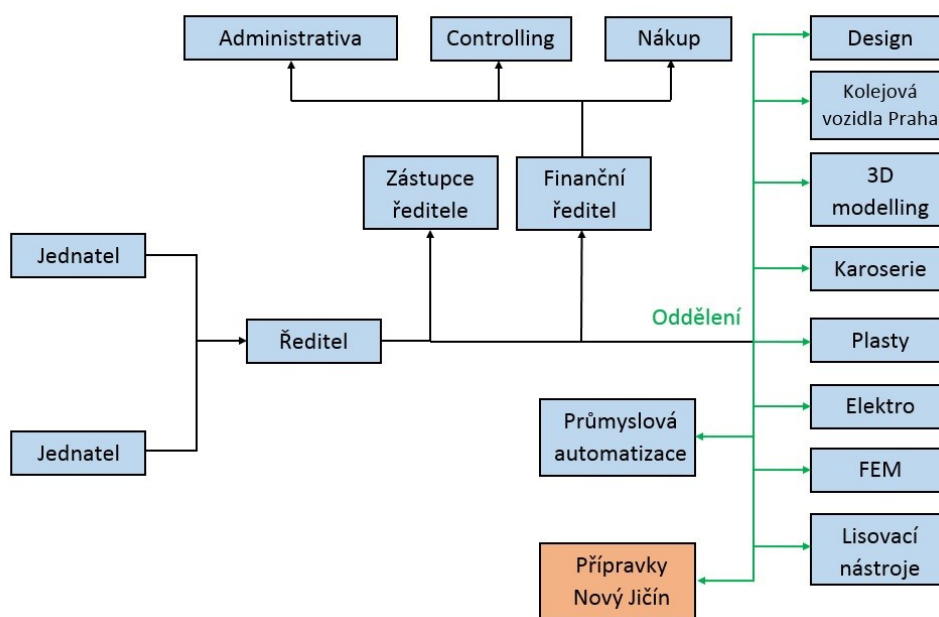
2012 – rozšíření společnosti o tým konstruktérů přípravků z Nového Jičína

2013 – výstavba nové budovy v Mladé Boleslavi

1.3 Organizační struktura a firemní expozitury

Společnost se specializuje na poskytování designérských, vývojových, konstrukčních a výpočtových produktů a služeb v oblasti automobilů, kolejových vozidel, průmyslu a energetiky.

V hlavní kanceláři v Mladé Boleslavi sídlí většina oddělení zabývajících se danou tématikou až na výjimku dvou a to na oddělení Kolejových vozidel se sídlem v Praze a na oddělení Přípravků z Nového Jičína.



Obr. 2 – Organizační schéma společnosti

1.4 Konstrukce přípravků pro automobilový průmysl v expozituře v Novém Jičíně

Oddělení přípravků v Novém Jičíně vzniklo původně jako sídlo firmy Dytron, která byla založena v roce 1992. Budova se sídlem společnosti v Novém Jičíně však byla vybudována až o čtyři roky později na adrese Slovanská 928/8 Nový Jičín 741 01, kde sídlí dodnes. Společnost Dytron se z počátku specializovala na prodej softwaru Catia, později však vzniklo školící a servisní středisko, oddělení technické podpory a oddělení konstrukce. V roce 2012 se majitel společnosti rozhodl, že oddělení konstrukce odprodá a díky tomu ji následně odkoupila firma AUFEER DESIGN. Konstrukční pracoviště ale zůstalo na svém původním místě v Novém Jičíně.



Obr. 3 – Budova konstrukčního pracoviště v Novém Jičíně [17]

Tým konstrukčního pracoviště v Novém Jičíně je složen ze čtrnácti zaměstnanců. Pobočka je ještě interně rozdělena na dvě sekce. V první sekci pracuje celkem pět pracovníků, z nichž tři se zaměřují na konstrukce kontrolních přípravků světlometů pro společnost Hellu a dva externí pracovníci, kteří pracují na vývoji světlometů ve společnosti Varroc se sídlem také v Novém Jičíně.

Dalších sedm zaměstnanců tvoří specializovanou skupinu tzv. „přípravkářů“, kteří se zaměřují na konstrukce speciálních, kontrolních měřících přípravků, zvaných pod názvem Cubing. Ve chvílích, kdy je třeba vyplnit volné kapacity, tak část této skupiny pracuje i na konstrukcích kontrolních přípravků pro světlomety.

Nad oběma sekce dohlíží vedoucí pobočky, který je i zároveň koordinátorem jednotlivých projektů. Jeho hlavními úkoly je zajišťovat kontinuální přísun zakázek a dohlížet na optimálním fungování pobočky. O komunikaci se zákazníky a tvorbu obchodní dokumentace se pak stará administrativní pracovnice.

I přesto, že pobočka v Novém Jičíně nedisponuje vlastními výrobními možnostmi, tak v porovnání s ostatními odděleními je jedním z nejrentabilnějších oddělení společnosti.

Konstrukční metoda Cubing

Cubing představuje skupinu měřidel s vyfrézovanou přesnou simulací navazujícího okolí kontrolovaného dílu nebo sestavy. Orientace dílů je zpravidla totožná se skutečnou pozicí ve voze. Zástavba dílu se tak posuzuje zejména vizuálně a funkčně, nicméně Cubingy mohou rovněž obsahovat kontrolní místa variabilního měření (digitální odchytkoměry, lasery.).

Obvykle bývá více komponentů odnímatelných tak, aby bylo umožněno také měření výrobku na CMM. Základny Cubingů mohou být svařence, hliníkové odlitky nebo montované hliníkové sestavy, na jednotlivé tvarové segmenty se používá převážně hliník.



Obr. 4 – Cubing Škody Yeti [18]

Cubingové konstrukce nemusí vždy nutně simulovat celé vozidlo, ale mohou se zaměřit i na různé oblasti, např. Frontcubing (Cubing přední části vozu zahrnující díly nárazníku, kapoty, blatníků) nebo Heckcubing (zadní část vozu zahrnující nárazník, světlomety, podběhy apod). Hodnoty těchto konstrukcí se pohybují v řádech statisíců. Z hlediska kvality vozidla se však jedná o kontrolní nástroj, který slouží po celou výrobní dobu daného vozidla.

1.4.1 Problematika konstrukce přípravků pro kontrolu světlometů

Kontrolní přípravky jsou pomocná zařízení, jejichž hlavním úkolem je rychlá tvarová nebo rozměrová kontrola vyráběných dílů. Obvykle se jedná o sestavu z několika navzájem propojených komponentů, které tvoří funkční celek.

Pro světlometry lze vytvořit několik typů kontrolních přípravků, nejčastěji však bývají pro dvě základní části světlometu, kterými jsou Housing (nosný skelet světlometu) a Lens, což je vnější průhledný kryt světlometu. Výjimkou však není ani přípravek pro kompletní světlomet, skládající se z Housingu, Lensu a zbývajících elektrických zařízení.



Obr. 5 – Housing světlometu [19]



Obr. 6 – Lens (vnější kryt) světlometu [20]

Housing světlometu slouží nejen jako nosná struktura celého světlometu, ale chrání také veškeré vnitřní díly. Jeho velikost a tvar se odvíjí od zástavbových rozměrů ve vozidle. Samozřejmostí jsou připevňovací a naváděcí otvory pro montáž do vozidla. Obvykle bývá vyráběn jako plastový výlisek. Měl by být konstruován dostatečně tuhý, aby neovlivňoval funkci natáčecí a naklápěcí jednotky.

Přípravky pro světlometry mohou plnit několik úkolů. Jedním z příkladů je odkládání daného dílu v přesně dané poloze. Takovéto přípravky nejsou časově ani výrobně náročné. Těchto druhů přípravků však není mnoho a obvykle bývají umístěny v měřicích střediscích, která je mohou využívat pro hrubou, prvotní kontrolu měření.

Ve většině případech se však lze setkat s kontrolními přípravky, u kterých je třeba změřit a vyhodnotit určitý rozměr a odchylku. Tyto přípravky už slouží buď pro měřicí středisko anebo mohou být umístěny přímo na lince, kde slouží pro rychlou kontrolu, zda se světlo nachází ve výrobní toleranci.

Pokud máme tyto přípravky na měřícím pracovišti, pak slouží k detailní kontrole. Ta vychází z předpokladu, že každý světlomet je modelován v obecném 3D prostoru, tvořeném třemi základními osami X, Y, Z. Díky tomu lze každému bodu na světlometu přiřadit jeho souřadnice.

Bodům, které mají být kontrolovány, se obvykle říká SPC body. V závislosti na velikosti a tvarové náročnosti světlometu se volí i počet těchto bodů. Většinou však bývají umísťovány na Lensu, protože se jedná o pohledovou část vozidla. Umísťují se však i na centrovací a připevňovací plochy do vozidla.

Tolerance SPC bodů se odvíjí nejen od zákazníka ale i od použité výrobní technologie. Přece jenom se jedná o plastové díly, je proto třeba počítat s určitou mírou pružení.



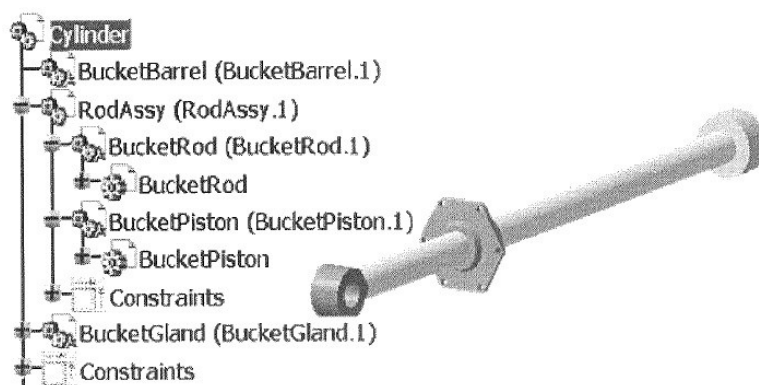
Obr. 7 – Kontrolní měřící přípravek světlometu [21]

Těmto typům konstrukcí se pobočka v Novém Jičíně věnuje již několik let a má s ní několikaleté, velké zkušenosti. I přesto, že konkurence nespí a snaží se své přípravky inovovat a posunout o úroveň dále, tak si konstrukční kancelář z Nového Jičína drží svůj vysoký, konstrukční standard a pro společnosti vyrábějící světlometry je stále jedním z předních dodavatelů kontrolních přípravků.

1.4.2 Požadavky na řešení standardizace a simplifikace konstrukčních prací

Konstrukce každého, jednotlivého přípravku pro světlomet vychází z neustále se opakujícího, počátečního procesu. Ve chvíli, kdy jsou obdržena 3D softwarová data světlometu od zákazníka, začíná samotný proces konstrukce. Každý konstruktér si nejprve musí v softwaru vytvořit svou vlastní, výchozí strukturu, ve které bude daný přípravek tvořit. Do této struktury si vloží model světlometu a k němu, jakožto vztažnému a pevnému bodu, tvoří celý přípravek. Mezi první vytvářené díly přípravku patří obvykle nosná hliníková deska a podpůrné sloupky, na které se montují další komponenty přípravku. Je však třeba zmínit i pár nakupovaných dílů jako jsou madla nebo měřící referenční koule, se kterými je nutno na počátku konstrukce počítat a do návrhu přípravku je co nejdříve začlenit.

Všechny tyto zmíněné díly se pravidelně opakují v každé konstrukci a musí se pokaždé na počátku pracně tvořit a vkládat, protože není vytvořena žádná výchozí, spouštěcí struktura, která by tyto prvky obsahovala. I díky této nesjednocenosti se stane, že je třeba zpětně upravit přípravek jiného konstruktéra, a než člověk pochopí princip, jakým konstruktér přípravek tvořil, tak se zbytečně promarní i několik hodin.



Obr. 8 – Ukázka modelu v softwaru Catia V5 a jeho tvořící struktury

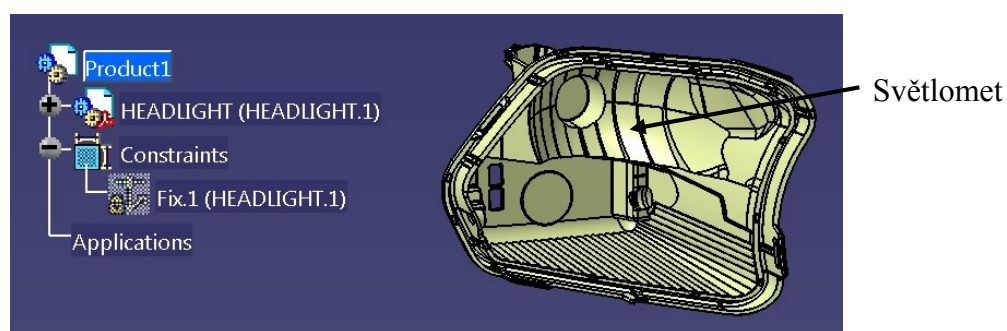
Řešením problému je návrh univerzální, předdefinované struktury, která bude na počátku konstrukce obsahovat veškeré díly, které je nutné vždy opakovaně a pracně vytvářet. Aby byl umocněn efekt jednoduchosti, tak celá tato struktura bude řízena parametry, díky kterým dojde změnou jejich hodnoty k okamžité změně dané části komponentu v rámci celého přípravku.

2 Zavedení standardizace v CAD systémech

Cad systémy (Computer Aided Design) jsou programové nástroje určené pro použití v úvodních etapách výrobního procesu, ať už se jedná o vývoj, konstrukci nebo technologickou přípravu výroby. CAD oblast je však pouze jednou součástí použití výpočetní techniky v průmyslu. Souhrnně se celý softwarový balík označuje jako CA technologie (CA- Computer Aided – počítačová podpora).

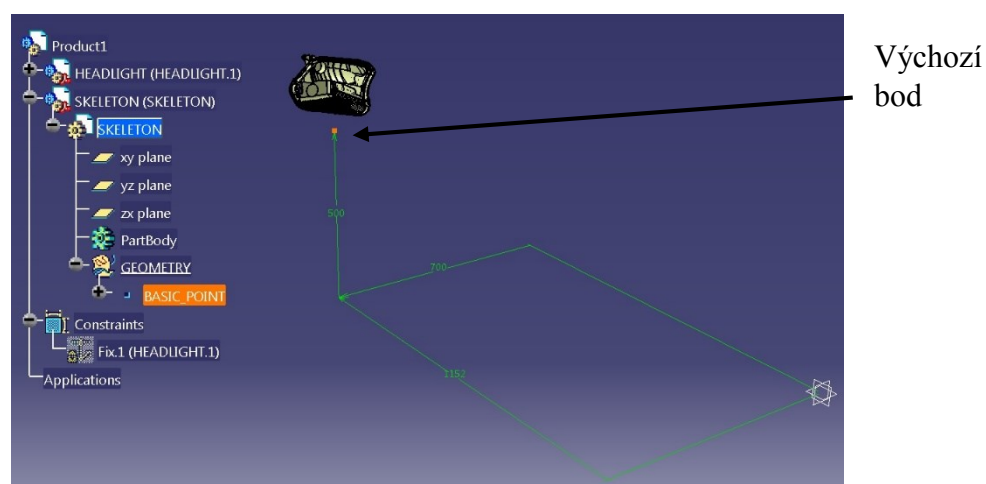
2.1 Tvorba úvodní fáze konstrukce přípravku pro světlomet

Aby se dalo vůbec začít s konstrukcí přípravku, tak je třeba si do konstrukční struktury vložit světlomet. Aby nedošlo k jeho náhodné, volné translaci v prostoru, je třeba jej okamžitě zafixovat, což zajišťuje vazba *Fix.1* na obr.9.



Obr. 9 – Fixace světlometu v konstrukční struktuře (zatím bez Skeletonu)

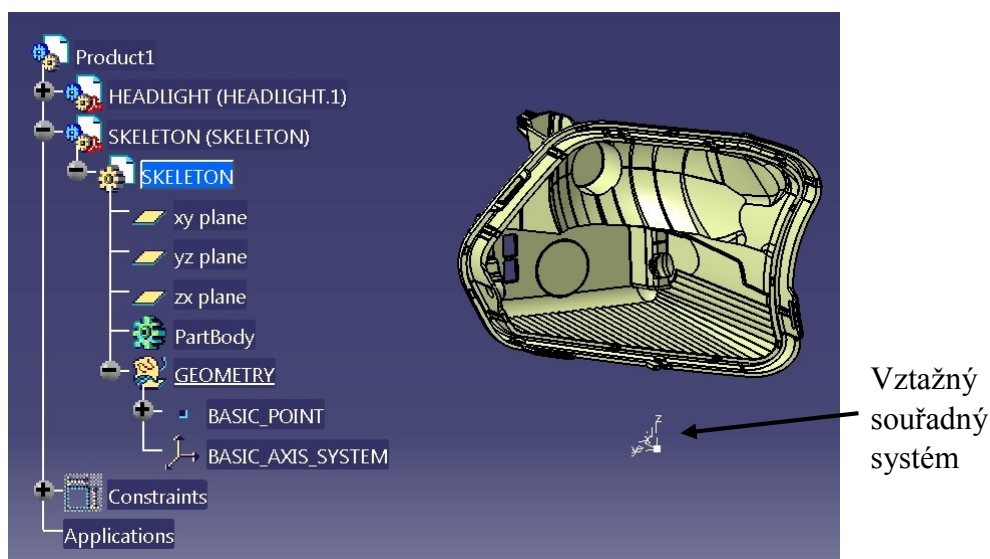
Před-konstrukční fáze přípravku probíhá tak, že se přípravek vždy přizpůsobuje a modeluje ke světlometu, ne nikdy naopak. Z tohoto důvodu je třeba si v prostoru vytvořit vztažný, výchozí bod, který bude co nejbližší světlometu a ze kterého následně vznikne souřadný systém, ze kterého bude vycházet konstrukce celého přípravku.



Obr. 10 – Tvorba vztažného bodu přípravku (už přímo Skeletonu)

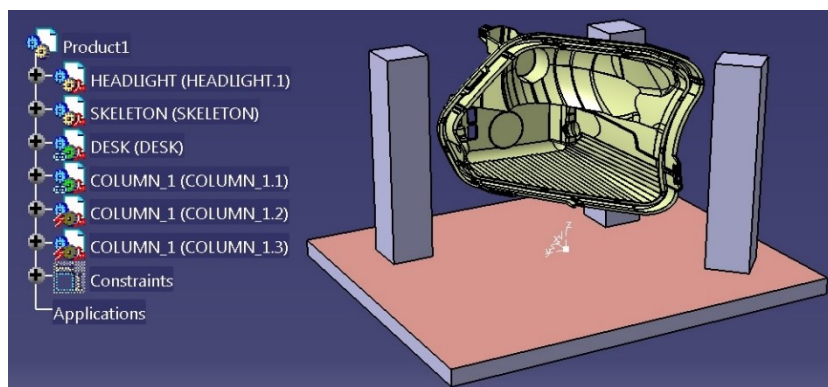
Jak je známo z analytické geometrie, tak poloha bodu v prostoru je dána třemi souřadnicemi X, Y, Z v kartézském souřadném systému. Změnou hodnot těchto souřadnic u vztažného bodu dojde k jeho posunutí směrem ke světlotetu tak, jak je to zobrazeno na obr. 10.

V momentě, kdy je vytvořen vztažný, výchozí bod a je umístěn v blízkosti světlotetu, tak je třeba si vytvořit vztažný, souřadný systém přípravku, který bude mít svůj počátek právě v tomto bodě. Oba dva tyto elementy s obvykle umísťují do společného geometrického setu pod názvem GEOMETRY, tak jak je to zobrazeno na obr. 11.



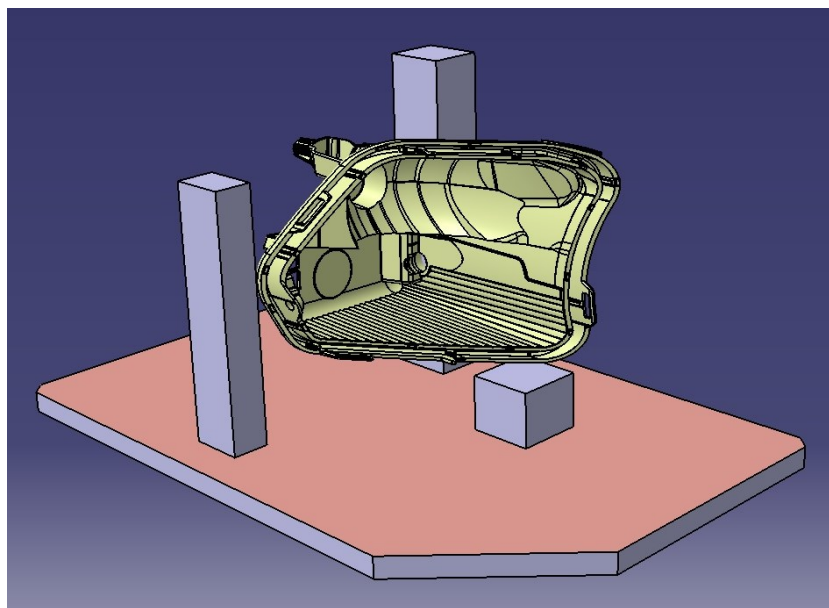
Obr. 11 – Tvorba vztažného, souřadného systému přípravku

Jakmile se proces konstrukce dostane do fáze, kdy máme vytvořeny vztažný bod i vztažný souřadnicový systém, tak nastává chvíle tvorby konstrukční geometrie a následné modelování jednotlivých komponentů přípravku. Tato situace je zobrazena na obr. 12.



Obr. 12 – Fáze „hrubého“ modelování prvních komponentů přípravku

Na obr. 13 je zobrazena situace prvních rozměrových modifikací komponentů přípravků, které se odvíjejí od tvaru světlometu. Základová deska je natočena ve směru nejdelšího rozměru světlometu, aby nabízela dostatek prostoru pro montáž dalších komponentů přípravku. Nosné sloupky jsou jinak vysoké a rozdílně tvarované z důvodu plnění odlišných funkčních požadavků (např. sloupek vpravo může plnit funkci podpory světlometu). Každý z komponentů přípravku se musí modifikovat zvlášť, protože má své vlastní funkční úkoly.



Obr. 13 – První tvarové modifikace přípravku

Všechny předešlé činnosti spojuje jeden velký problém a tím je příliš velká doba potřebná k jejich tvorbě. Vytvořit na počátku konstrukce velké množství bodů, křivek a rovin, které jsou zapotřebí nejen k fixaci polohy mezi přípravkem a světlometem ale i tvorbě konstrukční geometrie navazujících komponentů přípravku, zabere obrovské množství času. Během konstrukce je také třeba počítat s tím, že se musí mnoho prvků konstrukční geometrie přesouvat a natáčet k nalezení vhodné polohy toho daného komponentu a to vede k dalšímu navyšování konstrukčního času.

Z tohoto důvodu je třeba přijít s novým, konstrukčním způsobem, který tyto nedostatky odstraní a práci zrychlí. Do konstrukce přípravků je třeba zavést standardizaci, díky které se úroveň konstrukční práce posune o krok dále.

2.2 Možnosti standardizace v CAD prostředí

Standardizace je velice široký pojem, který zahrnuje jednak vytváření a schvalování dokumentů (norem) pověřenými organizacemi a jednak dobrovolné používání těchto norem pro společný prospěch.

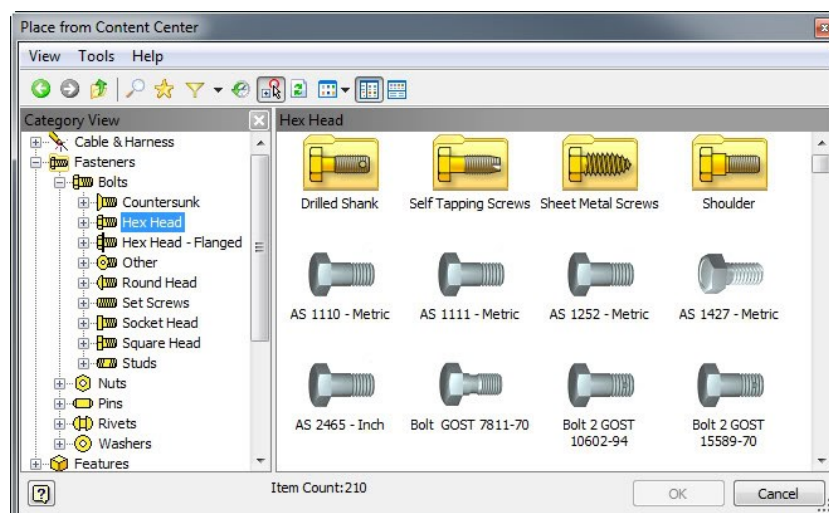
Ve spojitosti s konstrukční činností ji však lze chápat jako snahu co nejvíce sjednotit podobnosti vznikající jak v tvorbě 3D modelování, tak i ve formě výkresové dokumentace. Cílem konstrukční standardizace by mělo být sjednocení prvků, snížení rozmanitosti a zefektivnění následné výroby.

• Knihovny součástí

Knihovna součástí je neocenitelným pomocníkem CAD systémů a je jednou ze základních forem standardizace. Jedná se o vytvořený katalog obsahující již vymodelované součásti, které se opakovaně a často vkládají do 3D modelů. Katalogy se nejčastěji vytvářejí pro normalizované díly (např. šrouby, matice, apod.).

Většina konstrukčních firem je však dnes specializována na určité průmyslové odvětví a tak jim knihovna normalizovaných součástí nemusí stačit. Firmy zabývající se svařovacími přípravky často vkládají několik různých typů upínacích a pneumatických zařízení.

V takovém případě si už nevystačí s klasickou knihovnou normálí. Aby dosáhly určitého stupně efektivity, tak potřebují mít vytvořenou svou vlastní interní knihovnu těchto součástí, díky níž si práci zrychlí a zefektivní.



Obr. 14 – Normalizovaná knihovna pro šrouby v programu Autodesk Inventor [22]

- **Tvorba předdefinované, konstrukční struktury**

Pokud firma ví, že bude pracovat na složitých projektech, tak by měla správně vyhodnotit, jaký software bude potřebovat ke své práci. Levnější software nám obvykle nezaručí knihovnu pro tvarově složité součásti. Když si naopak pořídíme nákladný software, a nevyužijeme naplno jeho potenciálu, tak se pak může jednat o zcela zbytečnou investici.

- **Jednotná šablona výkresů**

Tento druh šablony znamená mít vytvořeny výkresy v nejčastěji používaných formátech A0-A4 a v nich mít obsaženo firemní razítko, které už následně slouží pouze k vyplnění informačních údajů dané součásti.

		STN ISO 128		Tolerancie	Norma		
		Meno	Datum	Všeobecné tolerancie	STN ISO 2768-mK		
Vyhotovil :	Michal	10.11.		Všeob. ore zv.koršt.	STN EN ISO 13920		
Kontroloval:	Michal	10.11.		Geometr. tolerancie			
Schválil:	Michal	10.11.		Hodnot.stavu povrchu	STN ISO 1302		
Mierka:	Formát:	Material :		Polotovár:	POLOTOVAR		
1:1	A3	MATERIAL		Název suboru:	ST1_01_1_001_01_000.CATDrawing		
		Hmotnosť:	0,05 kg	Název suboru:		Počet listov	List č.
		Nazov:	DIL 1		2	2	
		Vykres číslo:	ST1_01_1_001_01_000				

Obr. 15 – Firemní razítko výkresové dokumentace [23]

- **Tvorba předdefinované konstrukční struktury v rámci vlastní firmy**

Aby jakákoliv firma dokázala zefektivnit a zrychlit svou konstrukční práci, tak by měla uvažovat (v závislosti na softwaru) zda pro ni nebude výhodné si vytvořit svůj vlastní model konstrukční, předdefinované struktury, o které již byla řeč v kapitole 1.4.2.

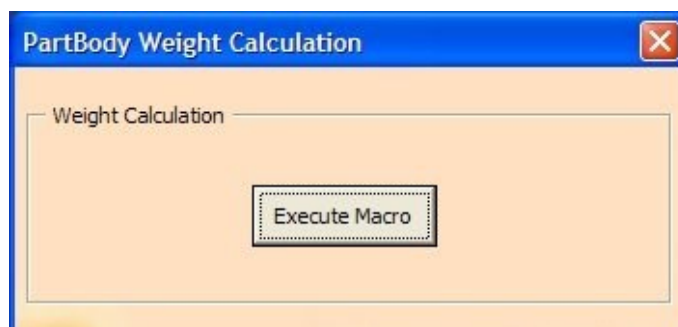
- **Využívání maker ke zvýšení rychlosti operací**

Při použití CAD systémů se uživatel často setkává se sice jednoduchými úkoly, které je ale nutné mnohokrát opakovat. Takováto opakovaná práce dokáže lehce snížit jeho pozornost a bývá příčinou chyb.

V některých případech se navíc ani nejedná o činnost, která vyžaduje hlubší znalosti systému (analýzy, měření, přeukládání dat apod.). V dnešní době, kdy se stále více tlačí na termíny a ceny, je rychlost a efektivita konstrukce nezbytný požadavek.

Jistou možností, jak se s tímto vypořádat, je nasazení jednoúčelových aplikací – maker. Jejich používání nabízí tyto výhody:

- Efektivnější a snadnější práci
- Umožní pracovat se systémem i lidem bez hlubších znalostí
- Eliminaci chyb
- Nižší náklady
- Vyšší kvalitu dat / snazší dodržování metodik



Obr. 16 – Ukázka jednoduchého makra k určení váhy modelu [12]

• Úprava parametrů za účelem změny geometrie

Parametry patří mezi jedny z nejefektivnějších pracovních nástrojů v 3D softwarech. Lze si je představit jako proměnné, které mají svůj název, typ a v závislosti na nich mohou nabývat různých hodnot.

Mohou být vytvářeny a modifikovány dle požadavků uživatele. Při správně vytvořeném parametru dochází změnou jeho hodnoty k okamžité změně dané operace.

V softwaru Catia V5 je možno vytvořit až 200 druhů různých parametrů. Lze je přiřadit jak pro hodnoty rozměrů (délka, šířka) tak i pro fyzikální vlastnosti materiálů, kterými mohou být např. viskozita nebo tepelná vodivost.



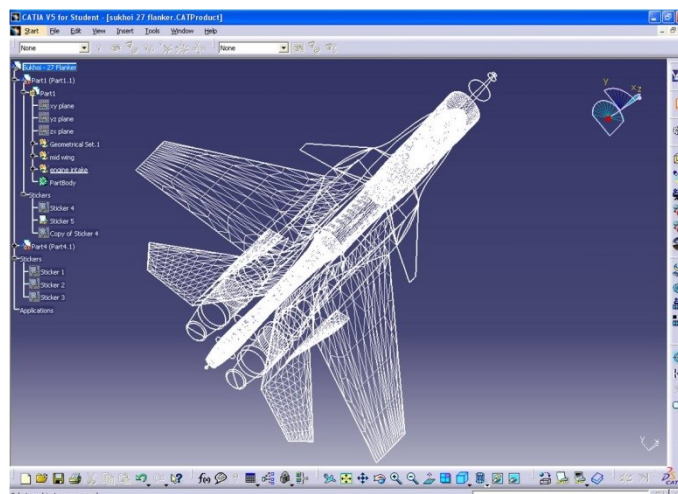
Obr. 17 – Parametry ovlivňující rozměry modelu

2.3 Systém Catia V5, používaný pro konstrukce přípravků

CATIA (Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application) je integrovaný systém počítačového návrhu, konstruování a výroby (CAD/CAM/CAE), vyvinutý francouzskou firmou Dassault Systemes.

Vznik a vývoj softwaru

Software vznikl díky leteckému průmyslu, ve kterém našel své uplatnění. Hlavním úkolem v druhé polovině 20. století bylo vytvořit model letadla v plně digitalizované podobě. To znamenalo, že v Catii V5 vznikl přesný návrh ploch a z nich poté tvar budoucího letadla. Prvním komerčním letadlem, které bylo takto kompletně vytvořeno v Catii se stalo v 70. letech letadlo Mercure. Postupem času se však systém stal tak populárním, že se začal prosazovat v automobilovém průmyslu. Prvními velkými zákazníky používající tento systém se staly společnosti Daimler-Benz, BMW nebo Honda.



Obr. 18 – Model letounu v softwaru Catia V5 [24]

Možnosti využití Catie V5

Software Catia V5 vznikl původně pro letecký průmysl. Během několika desítek let se však dokázal prosadit i do mnoha jiných oblastí, než jen letectví a průmyslu. Mezi ty nejvýznamnější patří:

- **Letecký průmysl**

Zahrnuje všechny segmenty světových leteckých, kosmických a obranných společností od civilního a vojenského letectví po satelity a vypouštění družic do kosmu.

- **Automobilový průmysl**

Hlavní doména Catie. Společnost Dassault Systemes působí jako hlavní dodavatel automobilových společností všech velikostí po celém světě. Software se uplatňuje pro vývoj a konstrukci osobních automobilů a dodávkových vozů, nákladních vozů a autobusů, závodních vozů, motocyklů a speciálních dopravních prostředků.

- **Průmysl spotřebního zboží a elektroniky**

Zahrnuje návrhy prototypů z širokého spektra oblasti průmyslového designu. Cokoliv, co je denně běžně používáno, může být v tomto softwaru vymodelováno.

- **Strojírenský průmysl**

Uplatnění Catie ve všech odvětvích strojírenského průmyslu, včetně zařízení pro těžké - robustní, stavební, textilní, zemědělské a papírenské stroje.

Konkurenční výhody systému

CATIA V5 je vnímána jako vedoucí CAD systém v oblasti automobilového a leteckého průmyslu, včetně všech navazujících oblastí. Výhody plynoucí z jejího používání jsou především:

- **Cena**

V rámci strategie CATIA PLM Express od firmy Dassault Systemes zaměřené na malé a střední firmy, získá zákazník za výhodných podmínek velké množství softwarových rozšíření a zároveň plnou funkcionalitu systému.

- **Větší konkurenceschopnost**

Firmy, které používají systém Catia V5, se odlišují od konkurence stylovými, inovativními a konkurenceschopnými produkty.

- **Přechod ze starší verze softwaru na novou**

Dassault Systemes nabízí zákazníkům snadný přechod ze starší verze systému, s označením Catia V4 do novější verze V5, se zachováním funkcionality modulů STEP, TDM, KT1 a KE1.

- **Možnosti softwarového rozšíření**

V závislosti na potřebách jednotlivých firem je možné k základní konfiguraci rozšířit software o další využití návazných modulů.

2.4 Konstrukční metoda Skeleton v rámci softwaru Catia V5

Skeleton metoda je hierarchický konstrukční postup (method top down). Použitím této metody jsou vytvořeny a opětovně použity informace uložené v Partě (fixním díle konstrukční struktury) nazvaném Skeleton. Ten slouží k definování základního konstrukčního rámce jednotlivých komponentů a sestav.

Princip metody Skeleton

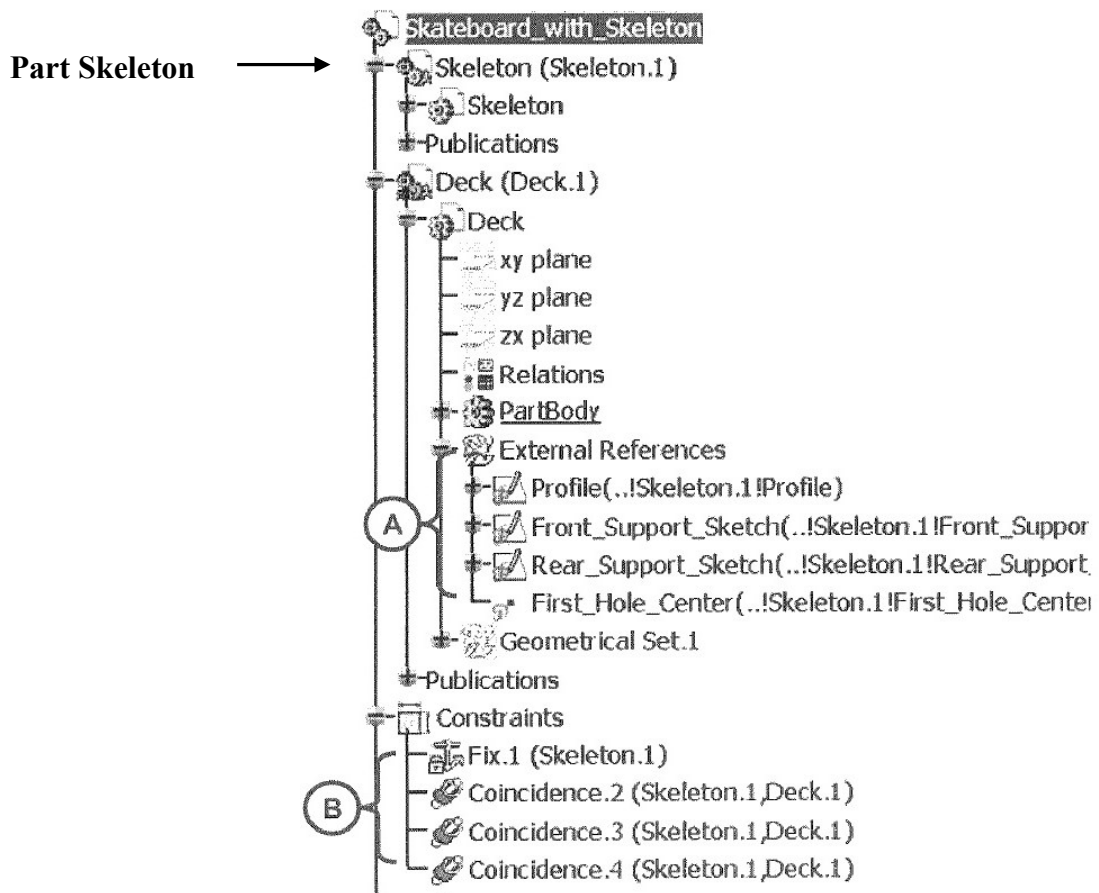
Ve Skeletonu jsou uloženy geometrické elementy jako křivky, osy, roviny, body a plochy. Tyto elementy jsou používány dvěma způsoby:

- **Způsob A**

Konstrukci návazných komponentů v produktu s vytvořením extérních referencí (vnitřních vazeb ve struktuře) navázaných na Skeleton.

- **Způsob B**

Vytvoření vazeb mezi Skeletonem a komponenty produktu.



Obr. 19 – Schéma konstrukční struktury s využitím metody Skeleton

Výhody aplikace metody Skeleton

Používání metody Skeleton v softwaru Catia V5 nabízí řadu výhod, z nichž za podstatné lze označit:

- **Specification-driven design:**

Veškeré důležité informace jsou uloženy v Partu Skeleton. Prostorové vazby jsou jednoznačně definovány ve Skeletonu a pomáhají rozdělit prostor pro komponenty sestavy.

- **Změny geometrie**

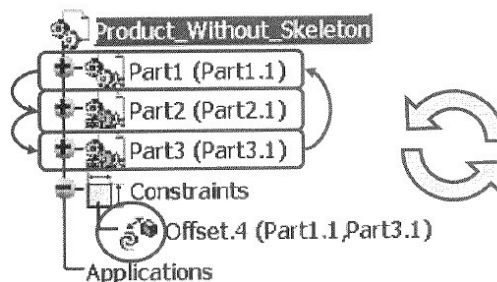
Tato metoda pomáhá při zásadních změnách konstrukce a jejich zanesení do sestavy. Modifikace konstrukčních informací ve Skeletonu se přenesou na všechny související komponenty a podsestavy. Toto poskytuje větší možnosti kontroly při změnách sestavy.

- **Další možnosti modifikace konstrukce**

Klíčové informace uložené ve Skeletonu mohou být v rámci Productu (sestavy) asociativně překopírovány do příslušných komponentů. Poté mohou být komponenty editovány dalším konstruktérem. Konstrukce může projít několika změnami, ale díky tomu, že se vychází ze Skeletonu, tak budou všechny modely aktualizované na reflektování těchto změn.

- **Vyvarování se update smyčky**

V rámci tvorby konstrukční geometrie se lze dostat do situace, kdy je třeba upravit prvek, který se může odkazovat na část konstrukční geometrie jiného dílu, která mohla být v některém z předešlých kroků omylem odstraněna. Díky tomu pak není software schopen vyhodnotit změnu automaticky, ale v rámci update smyčky požádá o manuální zásah uživatele.

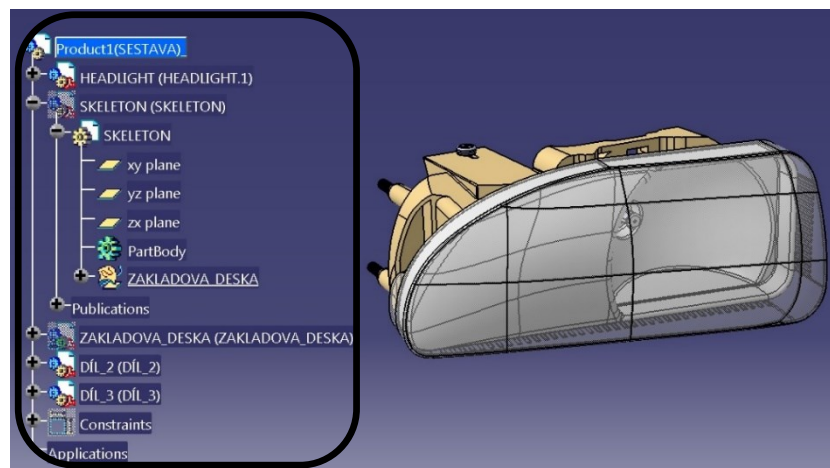


Obr. 20 – Schéma konstrukční struktury bez Skeletonu

2.5 Současný postup konstrukce přípravků v Catii V5

V danou chvíli probíhá návrh konstrukce kontrolních přípravků pro světlomety následujícím postupem.

- Nejprve jsou od zákazníka obdržena data světlometu v CAD formátu.
- Poté je vytvořena konstrukční struktura, to znamená, že je vytvořen hlavní Product (sestava), do kterého se budou postupně později vkládat komponenty přípravku.
- Do založené struktury se vloží světlomet, jehož poloha musí být zafixována.



Obr. 21 – Tvorba konstrukční struktury (v rámečku)

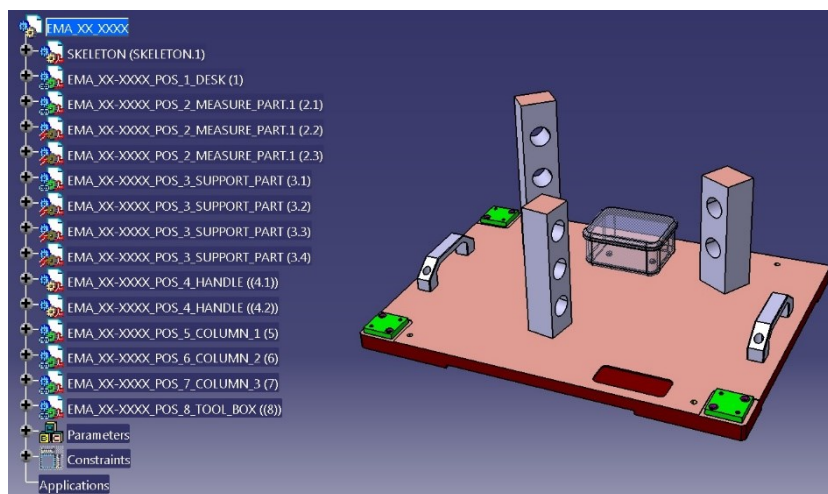
- Po fixaci světlometu je vytvořen Part Skeleton, který musí být taktéž zafixován, aby později nedošlo k možnosti posunutí veškeré konstrukční geometrie, která je v něm obsažena.
- Tvorba konstrukční geometrie ve Skeletonu a následné modelování jednotlivých komponentů.
- Představení „hrubého“ koncepčního návrhu zákazníkovi. Model je zpracován do takového stádia, ze kterého je jasný princip a funkce přípravku.
- V případě, že je koncept schválen, tak dojde k finalizaci modelu přípravku.

3 Návrh optimalizace tvorby konstrukční struktury

Využití konstrukční struktury z metody Skeleton a její aplikace ve formě předdefinované, konstrukční struktury je výraznou změnou v procesu konstrukce, která se projeví v celkové úspoře konstrukčního času. Nový způsob konstrukce s předdefinovanou strukturou zruší konstrukční nesjednocenost konstruktérů, díky čemuž odpadne i riziko vzniku konstrukčně-komplikovaných postupů.

3.1 Návrh postupu s předdefinovanými komponenty

Současný způsob konstrukce se vyznačuje tím, že veškerou tvořící geometrii a komponenty přípravku, musí konstruktér pracně tvořit už od počátku. Nyní si však konstruktér s tímto problémem nemusí lámat hlavu a může si rovnou otevřít již předem vytvořenou strukturu, která mu ušetří plno kroků a v ní může přípravek dokončit.



Obr. 22 – Výchozí konstrukční struktura s modelem přípravku

FÁZE 1 – Nahrání předdefinované struktury

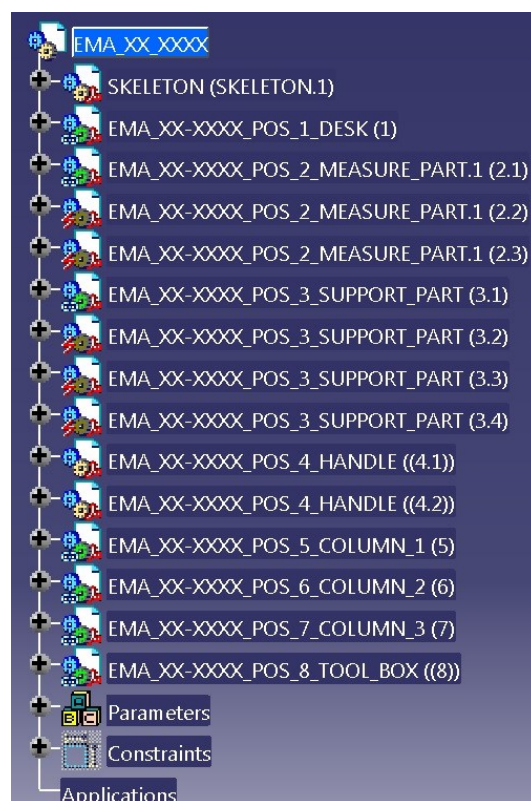
Po otevření předdefinované konstrukční struktury z adresáře, ve kterém je uložena v počítači, se zobrazí struktura s modelem dle obr. 22. V levé části obrázku je zobrazena konstrukční struktura a v jeho pravé části je zobrazen model přípravku, který ze struktury vychází a je na ní vázán.

Komponenty se strukturou spolu musí být úzce svázané geometrií vycházející ze Skeletonu, která musí být stále aktivní. V případě jejich přerušení by nedocházelo k plné modifikaci přípravku a mohlo by tak vzniknout velké množství chyb.

Pro názornost porovnání konstrukčních struktur současného způsobu a navrhovaného plně poslouží obrázky 22. a 23., na kterých jsou zobrazeny struktury v počáteční fázi konstrukce.



Obr. 23 – Současná podoba struktury



Obr. 24 – Navrhovaná podoba struktury

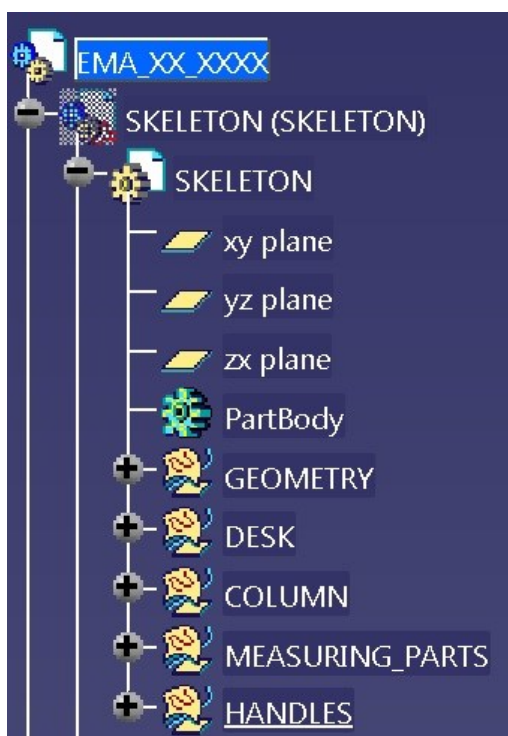
Z obr. 23 je zřejmé, že s využitím současné metody konstrukce začíná veškerá práce s návrhem přípravku od nuly. Struktura neobsahuje žádné předdefinované komponenty ani Skeleton. Vše musí být vytvořeno manuálně.

Situace na obr. 24 hovoří zcela opačně. Konstrukční struktura před konstrukcí obsahuje základní komponenty potřebné k plnění funkce přípravku a je ve stádiu, kdy se konstruktér může soustředit na tvorbu geometrie dalších komponentů přípravku, které budou plnit jeho hlavní, funkční požadavky.

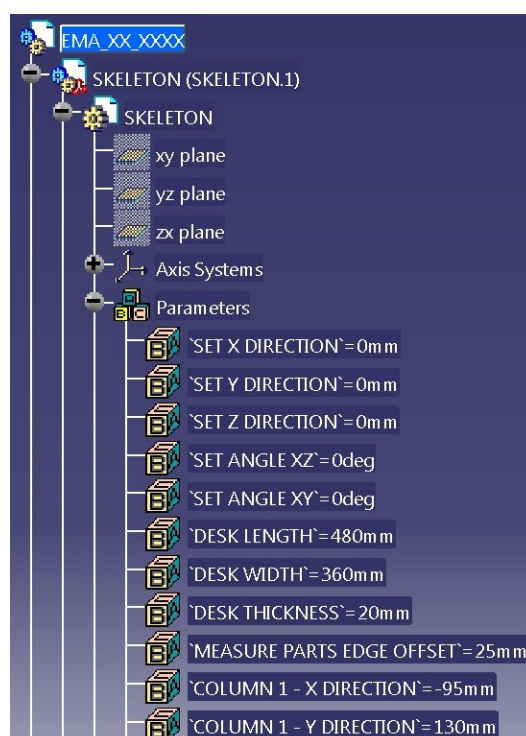
Každý z komponentů by měl obsahovat na svém počátku označení vrcholové sestavy (číselný kód přípravku) dle zákazníka. V tomto případě ve formátu EMA_XX_XXXX, kde se za písmena X dosazují číslice.

FÁZE 2 – Ověření návaznosti parametrů na konstrukční geometrii

Během používání předdefinovaných struktur může nastat situace, kdy dojde k neúmyslnému přerušení vazeb konstrukční geometrie ve Skeletonu a ostatními komponenty přípravku. Tato situace se stane, když konstruktér otevře předdefinovanou strukturu, ale špatně si ji uloží do svého adresáře a tím pádem je vzor předdefinované struktury pro ostatní konstruktéry porušen. Z tohoto důvodu je třeba vždy po nahrání konstrukční struktury cvičně změnit několik parametrů ve Skeletonu a zjistit, zda se tomu model modifikuje. Pokud to tak bude, struktura bude fungovat správně.



Obr. 25 – Manuálně ovládaný Skeleton (současný stav)



Obr. 26 – Skeleton ovládaný parametry (navrhovaný stav)

Na obr. 25 je zobrazen Skeleton tak, jak je vytvářen a používán nyní. Konstrukční geometrie komponentů je pro přehlednost vytvářena v jednotlivých geometrických setech (dle obr. 25. *GEOMETRY*, *DESK* apod.). V případě jakýchkoliv následných úprav geometrie je ji třeba vždy manuálně upravit přímo v geometrickém setu.

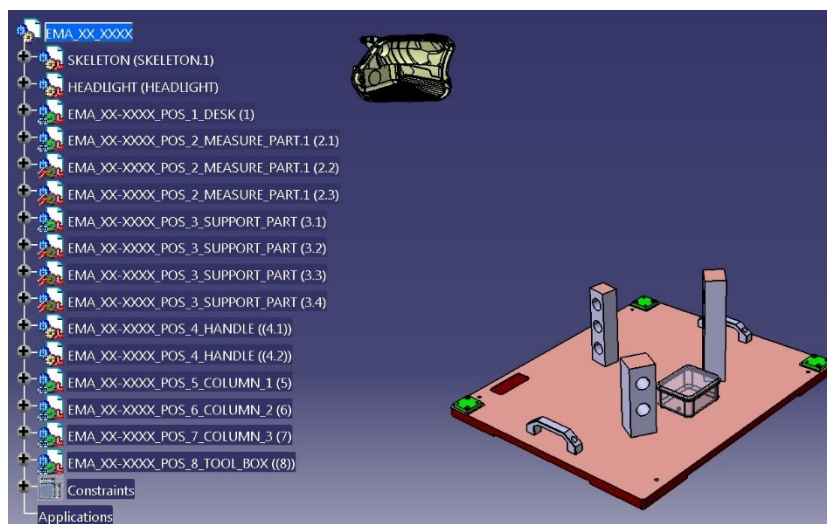
Na obr. 26 je zobrazena vyšší úroveň Skeletonu. Ten stejně jako v předešlém případě obsahuje množství geometrických setů s geometrií přípravku (nejsou na obr. 26. zobrazeny) ale s tím rozdílem, že konstrukční geometrie umístěná v geometrických setech, je řízena parametry.

FÁZE 3 - Vložení světlometu do předdefinované struktury

Dalším krokem konstrukce je vložení světlometu do konstrukční struktury a jeho fixace v prostoru. Tato situace je opět zobrazena jak pro současný stav konstrukce, tak i pro navrhovaný stav konstrukce na obrázcích 27. a 28.



Obr. 27 – Vložení světlometu do manuálně modifikované struktury (současný stav)



Obr. 28 – Vložení světlometu do předdefinované struktury

Poslední zbývajícím krokem před tvorbou konstrukční geometrie přípravku je nalezení vztažného bodu přípravku a jeho vztažného souřadného systému, ze kterého vznikne konstrukce přípravku (kapitola 2.1).

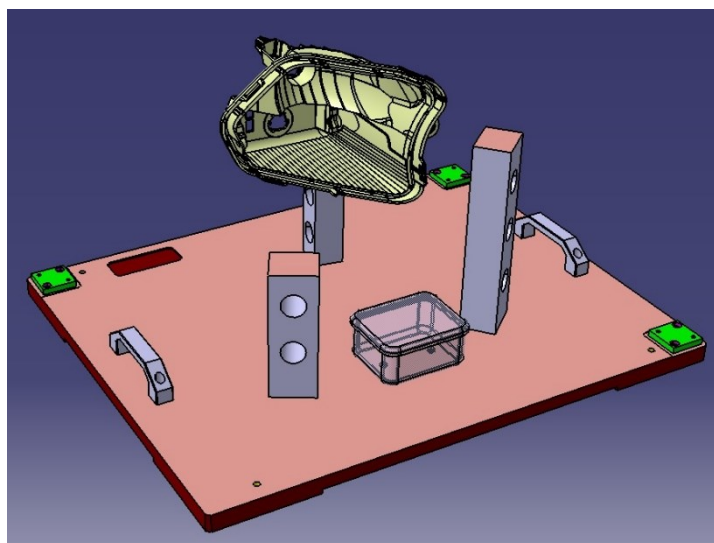
U současného způsobu konstrukce tyto prvky konstrukční geometrie vznikají zcela manuálně a než dojde k vytvoření konstrukční geometrie dalších komponentů přípravku, tak konstruktér ztratí zbytečně mnoho času, který mohl už věnovat funkčnímu principu přípravku.

U navrhovaného způsobu se již není třeba zabývat tvorbou vztažného bodu a vztažného souřadného systému, protože vše je předdefinováno a vytvořeno. Stačí pouze změnit hodnoty parametrů, které zastupují koordináty vztažného bodu v osách X, Y a Z obrázku. Tyto parametry jsou zobrazeny na obr. 29. Na tomto



Obr. 29 – Parametry ovlivňující polohu přípravku vůči světlometu

Polohu vztažného bodu v prostoru ve směru osy X určuje parametr *SET X DIRECTION*. Polohu bodu prostoru ve směru osy Y je určena parametrem *SET XZ DIRECTION* a změnu polohy bodu a tím pádem i celého přípravku ve směru osy Z je dána parametrem *SET XY DIRECTION*.



Obr. 30 - Nalezení optimální pozice mezi světlometem a přípravkem pomocí parametrů.

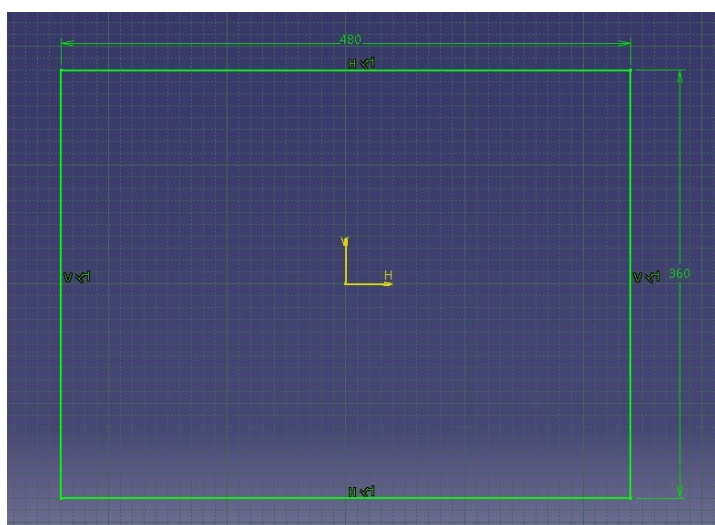
Ideální výsledek správného nastavení přípravku vůči světlometu je zobrazen na obr. 30. Oba dva celky jsou v těsné blízkosti a vzniká tak dostatečný přehled o celém pracovním prostoru přípravku. V případě změny vzájemné polohy stačí opět změnit hodnoty parametrů dle obr. 29.

FÁZE 4 - Modifikace základové desky pomocí parametrů

Základová deska je jedním z nejdůležitějších komponentů celého přípravku. Musí být dostatečně tuhá a rozměrově dimenzovaná tak, aby nebyla zbytečně těžkou, ale zároveň musí nabídnout dostatek prostoru pro všechny komponenty přípravku.

Současný způsob konstrukce

V danou chvíli probíhá tvorba základové desky tak, že ve Skeletonu je vytvořena geometrie základové desky (náčrt-sketch), ze které poté vzniká vlastní díl. Tato geometrie je tvořena k centrálnímu souřadnému systému přípravku. Konstrukční geometrie základové desky není řízena parametry.



Obr. 31 – Náčrt základové desky

Navrhovaný způsob konstrukce

Díky použití výchozí, konstrukční struktury máme základovou desku vytvořenou. Její konstrukční geometrie je vztažena k výchozím souřadnému systému přípravku.

Pomocí parametrů, které jsou zobrazeny na obr. 32, stačí pouze změnit rozměrové hodnoty desky a dojde k okamžitému přepočítání a aktualizaci dílu.



Obr. 32 – Výchozí konstrukční struktura s modelem přípravku

Délka základové desky je modifikována parametrem *DESK LENGTH*, šířka je řízena parametrem *DESK WIDTH* a její tloušťka je řízena parametrem *DESK THICKNESS*.

Jelikož je k desce připojeno několik dalších komponentů konstrukční struktury, např. sloupků, tak změnou hodnoty rozměru sloupku dochází automaticky ke změně polohy vzájemného propojení (prošroubování) i na základové desce.

FÁZE 5 - Modifikace nosných sloupků pomocí parametrů

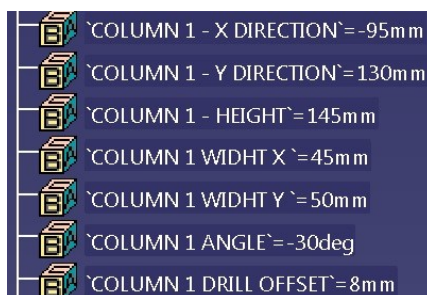
Nosné sloupky patří k opěrným prvkům přípravku. Jejich hlavním úkolem je dostatečná tuhost a pevnost, protože obsahují většinu funkčních částí přípravku, které jsou důležité ke kontrole světlometu.

Současný způsob konstrukce

Ve Skeletonu je vytvořena tvořící geometrie (základní náčrty a roviny) a z té je poté vytvořen komponent v konstrukční struktuře přípravku. V případě jakékoliv úpravy sloupků je třeba vždy upravovat geometrii ve Skeletonu. Tvořící geometrie sloupků není žádným způsobem ovládána parametry.

Navrhovaný způsob konstrukce

Díky využití nově vzniklé, konstrukční struktury odpadá tvorba geometrie sloupků, protože ty už jsou vymodelovány předem, stejně jako základová deska. Součástí struktury jsou tři nosné sloupky a každý z nich má své vlastní parametry.



Obr. 33 – Parametry ovládající polohu přípravku vzhledem k základové desce

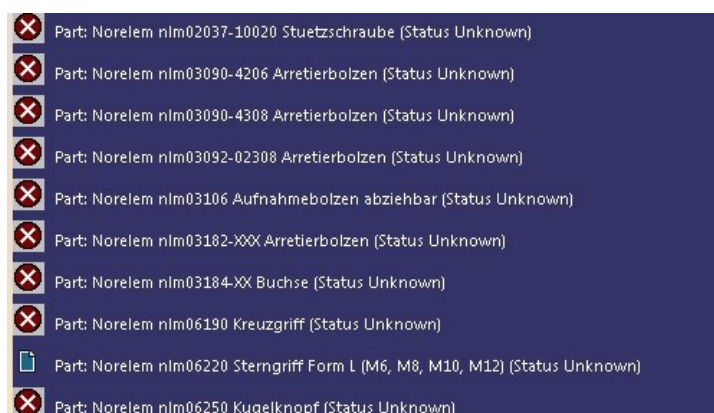
Posun po základové desce ve směrech os X/Y určují parametry *COLUMN X/Y DIRECTION*. Výšku daného sloupku určuje parametr *COLUMN HEIGHT* a rozměry šířky vždy v daném směru osy určují parametry *COLUMN WIDHT X/Y*. Pokud je třeba sloupek vůči základové desce natočit, lze využít parametru *COLUMN ANGLE*. Parametr *COLUMN DRILL OFFSET* slouží k určení velikosti rozteče vrtání mezi sloupkem a základovou deskou.

FÁZE 6 - Modifikace transportních madel pomocí parametrů

Transportní madla slouží k přenášení přípravku. V závislosti na váze je třeba vždy zvážit, kolik madel je třeba použít. Ve většině případech jsou používána plastová madla formy Norelem.

Současný způsob konstrukce

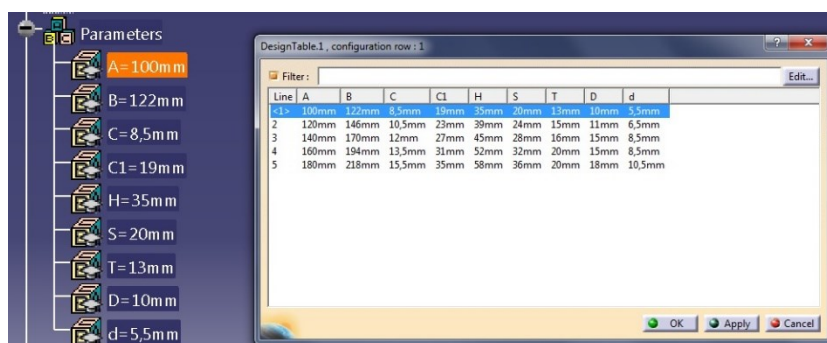
V situaci, kdy je třeba vložit do konstrukce přípravku madla, tak se využívá firemní knihovny součástí, která obsahuje obrovské množství normalizovaných dílů. Z této knihovny se veškeré nakupované díly vkládají do modelu. Většinou jsou vytvořeny tak, že obsahují několik základních parametrů, které pomocí kterých se snadno změní typ a rozměry dané součásti. Tato knihovna je zobrazena na obr. 34.



Obr. 34 – Knihovna součástí firmy Norelem

Navrhovaný způsob konstrukce

Práce s transportními madly je ve výchozí konstrukční struktuře zcela odlišná. Madla se již nemusejí vkládat z knihovny, tak jako tomu bylo doteď, ale jsou součástí struktury. Jejich tvořící geometrii sice nemá žádnou vazbu na Skeleton, ale potřebují geometrii, která zajistí jejich polohu vůči přípravku v prostoru. Tato geometrie je však součástí struktury.



Obr. 35 – Výběr transportního madla pomocí parametrů

Tvořící geometrie transportního madla vznikla díky příkazu Design Table. S využitím tohoto příkazu byla možné vytvořit jedno madlo v pěti různých variantách a velikostech. V díle madla stačí kliknout na jakýkoliv parametr (v levé části obr. 35) a poté si vybrat jakoukoliv z pěti dostupných variant (v pravé části obr. 35).

FÁZE 7 - Modifikace odkládacího boxu pomocí parametrů

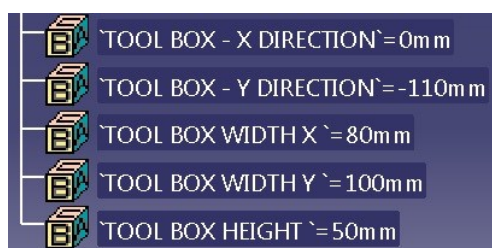
Odkládací box se začal používat a montovat na přípravky pro světlometry během posledních dvou let. Zákazníci začali požadovat k přípravkům větší množství montážních komponentů a pomůcek. Z tohoto důvodu bylo potřeba tento díl zaimplementovat do konstrukce.

Současný způsob konstrukce

Tento díl je jedním z dílů, které mohou být tvořeny buď geometrií ze Skeletonu, nebo nezávisle tvořenou geometrií s jasně danou fixací v prostoru přípravku díky vazbám ze Skeletonu. Tvorba tohoto dílu není časově náročná, ale bývá často ponechána až na konečnou fázi tvorby přípravku, což nemusí být s ohledem na ergonomii ovládání přípravku zcela optimální. I to tedy bylo jedním z důvodů, proč byl tento díl vložen do předdefinované struktury.

Navrhovaný způsob konstrukce

Konstrukční geometrie dílu je vytvořena ve Skeletonu a stejně jako v případě předešlých komponentů je ovládána parametry dle obr. 36.



Obr. 36 – Řídící parametry odkládacího boxu

Parametr ovlivňující polohu boxu na základové desce ve směru osy X je *TOOL BOX - X DIRECTION*. Ve směru osy Y je to parametr *TOOL BOX - Y*. Parametry s označením *TOOL BOX WIDTH X/Y* určují velikosti rozměrů odkládacího boxu v půdorysu, zatímco parametr *TOOL BOX HEIGHT* je řídicím parametrem pro určení výšky boxu.

FÁZE 8 - Finální fáze konstrukce přípravku v konstrukční struktuře

Nově vzniklá konstrukční struktura neobsahuje všechny potřebné komponenty, díky kterým by přípravek plnil naplno svou funkci. Slouží pro zrychlení počátečních kroků tvorby přípravku za účelem získání více času pro konstruování funkční stránky přípravku. Díky tomu lze počítat s tím, že s postupujícím časem konstrukce bude i přibývat dalších komponentů přípravku.

Ty už si však konstruktér bude muset vytvořit sám v rámci své vlastní konstrukční geometrie ve Skeletonu. Buďto se rozhodne vytvářet zbylou část konstrukční geometrie komponentů ve Skeletonu (lze očekávat a doporučit), anebo se rozhodne vytvářet konstrukční geometrii komponentů nezávisle na Skeletonu. U tohoto postupu však třeba počítat s tím, že bude třeba stejně vytvořit ve Skeletonu geometrii potřebou k fixaci daných komponentů v rámci celého přípravku.

Pokud se konstruktér rozhodne pokračovat dále s tvorbou řídicí geometrie ve Skeletonu a zároveň vytvářet nové parametry, tak by si měl uvědomit, že jejich tvorba bude časově náročná a měl by zohlednit, jestli tato volba bude tím nejlepším řešením. Tvorba parametrů je nejvhodnější především v počátku konstrukce, kdy lze předpokládat velkou tvarovou a funkční variabilitu přípravku.

3.2 Možnosti dalšího rozvoje a potenciálu struktury

V tuto chvíli je konstrukční struktura vytvořena ve fázi, kdy je využití jejího konstrukčního potenciálu přibližně 75%. Aby byl její potenciál využit naplno, tak by bylo třeba provést ještě několik kroků.

- Jedním z nich je využití makra (problematika maker dle kapitoly 2.1) k přejmenování vrcholové sestavy produktu přípravku (u navrhované struktury se jedná o označení EMA_XX_XXXX). Každý kontrolní přípravek pro světlomet musí mít své firemní, identifikační označení, které musí být zároveň obsaženo v názvu každého elementu konstrukční struktury.
- Makro na vložení sloupku do struktury by se uplatnilo ve chvíli, kdy by bylo potřeba vložit do přípravku další nosný sloupek. Tento problém je u předdefinované struktury vyřešen pouze vlastní, manuální tvorbou konstruktéra.
Možnost využití dalšího sloupku ale nemusí být vždy. Lze se ale setkat s případy, kdy přípravek obsahuje i pět nosných sloupků, pak by toto makro nebylo vůbec od věci.
- Posledním ze způsobů, jak využít naplno potenciál konstrukční struktury je použití knihovny součástí, která by se skládala z nejčastěji používaných dílů. Tento typ knihovny je sice během současného způsobu konstrukce využíván, obsahuje ale několik let stále stejné součásti a bylo by třeba ji aktualizovat.

V knihovně chybí množství nových upínacích zařízení a především katalog pružin, ty totiž čím dál tím častěji začaly poslední dobou tvořit velkou část funkčních mechanismů přípravku.

Kdyby všechny tyto možnosti předdefinovaná struktura využívala, tak by byla stoprocentně využita a množství hodin, které by byla schopna ušetřit konstruktérovi, by se opět navýšil. Přesto vše je ale navrhovaný způsob konstrukce s předdefinovanou strukturou dost rychlý a efektivní.

4 Vyhodnocení přínosu navržené standardizace

Nově vytvořená, výchozí, konstrukční struktura je zcela novou formou konstrukční standardizace v oblasti konstrukce kontrolních přípravků pro světlometry. Její využívání a zařazení do konstrukčního procesu návrhu přípravku sebou přináší nejen nové možnosti úspor nákladů, ale také uživatelsky přehledné prostředí s jednoduchou ovladatelností.

4.1 Charakteristika definice úspor u konstrukčních prací

Nově vytvořená, předdefinovaná, konstrukční struktura s sebou přináší velké množství časových úspor. Největší přehled o tom kde a do jaké míry se tyto úspory projeví, lze charakterizovat v jednotlivých konstrukčních fázích.

- **FÁZE 1 – Nahrání předdefinované struktury**

Tato fáze je specifická tím, že do této chvíle nebyla používána. Tím, že si konstruktér nahraje předdefinovanou strukturu, tak ušetří značné množství času, které by jinak musel strávit tvorbou komponentů, které už má vytvořeny v předdefinované struktuře. Největšími přínosy této fáze je možnost, vycházet z předem vytvořené struktury a předdefinovaný Skeleton, ve kterém je konstrukční geometrie všech komponentů přípravku řízena parametry. U této fáze jsou časové úspory, v porovnání s ostatními fázemi, největší.

- **FÁZE 2 - Ověření návaznosti parametrů na konstrukční geometrii**

Kontrola provázanosti konstrukční geometrie na parametrech je otázkou několika vteřin. Konstruktér si vybere pár náhodných parametrů ve Skeletonu, u kterých změní velikost hodnoty parametru a pokud dojde ke změně modelu přípravku, tak má jistotu, že vše funguje tak, jak má. Jelikož u této fáze odpadá nutnost tvorby Skeletonu, který je již vytvořen v rámci předdefinované struktury, tak se konstruktér může ihned zaměřit na funkční stránku přípravku.

Tato fáze u současné konstrukční metody nebyla, nelze ji proto hodnotit jako úspornou. Proces, který by teoreticky mohla nahrazovat u současné metody konstrukce, by byl tvorba Skeletonu. Tato úspora je ale zohledněna již ve fázi 1.

- **FÁZE 3 – Vložení světlometu do předdefinované struktury**

Největším přínosem u této fáze je rychlá modifikace polohy kompletně celého přípravku vůči světlometu, za pomoci změny hodnot několika parametrů ve Skeletonu.

Díky precizně napojené geometrii celého přípravku dojde během několika minut k dosažení vzájemné, optimální polohy mezi přípravkem a světlometem.

- **FÁZE 4 – Modifikace základové desky**

Základová deska sice není tvarově složitým dílem, je ale klíčovým dílem, co se týče přípravku jako kompaktního celku, protože jsou k ní připojeny všechny komponenty přípravku. Díky tomu je její konstrukční geometrie ovlivněna velkým množstvím parametrů, které pocházejí většinou právě z dílů, které jsou k desce připojeny. Největším přínosem u tohoto dílu je její rozměrová modifikovatelnost pomocí změnou hodnot velkého množství parametrů ve Skeletonu.

- **FÁZE 5 - Modifikace nosných sloupků**

Velkou výhodou u této fáze je tvorba tří předdefinovaných, nosných sloupků, které jsou už i zároveň propojeny se základovou deskou. Tři byly zvoleny z toho důvodu, že je to obvykle průměrný počet, připadající na jeden přípravek. Možnost mít sloupky předem vytvořeny pomáhá zároveň konstruktérovi optimálně navrhovat další komponenty přípravku s ohledem na ergonomii přípravku.

Čas, který ušetří konstruktér tvorbou těchto dílů, nebude tak razantní, jako v případě Skeletonu, nebude ale ani zanedbatelným. Geometrie a poloha sloupků na přípravku je ovládána parametry, díky čemuž je modifikace rychlá a snadná.

- **FÁZE 6 – Modifikace transportních madel**

Největším přínosem u předdefinovaných, transportních madel je možnost, mít hned v počátku konstrukce vizuální přehled o tom, v jakém prostoru se madla budou nacházet a kolik prostoru bude třeba vyhradit k jejich používání. Nelze také zapomenout na možnost rychlé modifikace pozice madel v rámci celého přípravku, pomocí změn hodnot parametrů.

- **FÁZE 7 – Modifikace odkládacího boxu**

Tento díl patří, stejně jako transportní madla, do skupiny dílů, jejichž tvorba není nikterak náročná a časově zdlouhavá. I odkládací box je ale třeba mít od počátku konstrukce umístěn na přípravku, aby byl zohledněn nejen prostor, který se musí pro tento díl na přípravku vyhranit. Samozřejmostí je opět rychlá a snadná modifikovatelnost velikosti a pozice dílu vůči přípravku pomocí parametrů.

4.2 Ekonomické vyhodnocení konstrukčních prací

K určení finálního, ekonomického přínosu předdefinované, konstrukční struktury lze vycházet z následujících ukazatelů.

Časové vyčíslení úspory na jeden konstrukční projekt

Na základě operativní evidence lze definovat délku zpracování 3D modelu přípravku. Časová náročnost tvorby přípravků pro světlomety se odvíjí od tvarové složitosti světloometu, jeho rozměrů a požadavků, které musí daný přípravek splňovat. Za posledních 6 let je průměrná doba konstrukce 3D modelu 70 hodin.

Na následujícím schématu je zobrazeno časové vyčíslení úspor na jednom konstrukčním projektu díky použití předdefinované konstrukční struktury.

Definování struktury úspor podle jednotlivých fází

Fáze	Úspora
○ FÁZE 1 – Nahrání předdefinované struktury	4 h
○ FÁZE 2 – Ověření návaznosti parametrů na geometrii	0 h
○ FÁZE 3 - Vložení světloometu do struktury	30 min
○ FÁZE 4 – Modifikace základové desky	1 h
○ FÁZE 5 – Modifikace nosných sloupků	1,5 h
○ FÁZE 6 – Modifikace transportních madel	30 min
○ FÁZE 7 – Modifikace odkládacího boxu	30 min
Celková suma	8 h

Ze schématu vyplývá, že s nově navrženým způsobem konstrukce lze ušetřit 8 konstrukčních hodin. Určení jednotlivých časových úspor v daných fázích vychází z experimentu, který měl dokázat, zda předdefinovaná struktura skutečně funguje tak, jak se od ní očekává. K experimentu byl vybrán světlomet, který byl vložen do struktury a proběhl na něm simulovaný, konstrukční proces.

Aby došlo k přibližnému určení časové úspory s využitím předdefinované struktury, tak byl vybrán časový úsek konstrukce, jehož zpracování by trvalo současným způsobem přibližně 12 hodin.

Nutno dodat, že se jednalo o úsek od úplného počátku konstrukce, do zvoleného stádia, u kterého se předpokládal teoreticky možný konec do 12. hodin. Šlo tedy o úsek, na kterém by aplikace předdefinované struktury měla naplno ukázat svůj potenciál.

Na daném časovém úseku byla následně aplikována navrhovaná, konstrukční metoda s využitím předdefinované struktury. Díky této aplikaci byl časový úsek, který by trval současným způsobem konstrukce 12 hodin, zhotoven během pouhých 4 hodin, z čehož plyne, že došlo ke zkrácení práce o 8 hodin.

Z experimentu vyplývá, že časová úspora u průměrné doby přípravku (70 hodin) by nyní činila 62 hodin.

Definice nákladů na hodinu konstrukční práce

Orientačním odhadem lze definovat časovou úsporu nákladů součinem uspořených hodin a celkového nákladu na hodinu konstrukce.

Úspora = počet uspořených hodin x hodinová sazba
--

Úspora = 8 x 650

Úspora = 5200 Kč

Tato úspora může dosahovat přibližně 5200 Kč na jednom konstrukčním projektu.

Závěr

Tato diplomová práce se zabývala zvýšením efektivity konstrukční práce během tvorby konstrukce kontrolních přípravků pro světlomety.

Míra efektivity, s jakou byly do této chvíle tvořeny konstrukce přípravků, nebyla dostačující natolik, jak by se dalo během několikaletých zkušeností předpokládat. Nesjednocenost konstrukční metody nabízela tzv. volné ruce pro konstruktéry, což znamenalo, že každý konstruktér si mohl přípravek vytvořit svým vlastním způsobem. V případě následných modifikací přípravku nastala několikrát situace, kdy byl přípravek upravován po jiném konstruktérovi a než došlo k úplné orientaci v jeho konstrukční metodě, tak bylo ztraceno několik zbytečných hodin.

Proto bylo třeba přijít s inovovaným systémem tvorby konstrukce. Bylo třeba vytvořit jednotný způsob konstrukce, který bude využívat stále „know how“ aktuálního konstrukčního procesu.

Díky tomuto podnětu došlo k vytvoření univerzální, konstrukční struktury, kterou lze využít ke tvorbě konstrukce přípravku. Tato struktura vyniká svou jednoduchou ovladatelností, ale zároveň je výjimečná tím, že je aplikovatelná na jakýkoliv typ světloometu, čímž došlo zároveň k naplnění předem vytyčených cílů.

Výsledkem této práce je zcela nový, plně funkční systém standardizace, na jehož základě lze rozšířit aktuální síť zákazníků a pokračovat v budování dobrého jména společnosti.

Seznam použité literatury

Knihy a příručky:

- [1] FABIAN, Michal a Emil SPIŠÁK. *Navrhování a výroba s pomocí CA. technologií*. CCB, 2009, 398 s. ISBN 978-80-85825-65-7.
- [2] ŠVERCL, J. *Technické kreslení a deskriptivní geometrie: pro školu a praxi*. Praha: Scientia, 2003. ISBN 978-807-1832-973.
- [3] TICKOO, Sham. *CATIA: kompletní průvodce*. Brno: Computer Press, 2012. ISBN 978-80-251-3527-3.
- [4] ŘASA, Jaroslav, Jindřich KAFKA a Václav HANĚK. *Strojírenská technologie 4: Návrhy nástrojů, přípravků a měřidel*. Praha: Scientia, pedagogické nakladatelství, 2003, 503 s. ISBN 80-7183-284-7.
- [5] ŘASA, Jaroslav, Přemysl POKORNÝ a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3*. 2. vyd. Praha: Scientia, 2005. ISBN 80-718-3336-3.
- [6] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R MISCHKE a Richard G BUDYNAS, VLK, Milo (ed.). *Konstruování strojních součástí*. Brno: VUTIUM, 2010, 1159 s. P. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [7] MARTIŠEK, Dalibor. *Matematické principy grafických systémů*. Brno: Littera, 2002. ISBN 80-857-6319-2.
- [8] SVOBODA, Pavel. *Základy konstruování*. 2.vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN 978-80-7204-584-6.

Internet:

- [10] Historie. *AUFEER DESIGN* [online]. [cit. 2016-01-05]. Dostupné z: <http://www.aufeerdesign.cz/cz/o-nas/>
- [11] Historie společnosti. *Dytron* [online]. [cit. 2016-01-08]. Dostupné z: <http://www.dytron.cz/cs/o-spolecnosti/historie/>
- [12] CATPart Macros. *Catia V5 Catvba Macros* [online]. [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <https://sites.google.com/site/catiav5catvbamacros/home/catpart-macros>

- [13] Kontrolní a upínací přípravky. *KERI* [online]. [cit. 2016-02-15]. Dostupné z: <http://www.keri.cz/produkty#kontrolni-a-upinaci-pripravky>
- [14] *Catia fórum* [online]. [cit. 2016-02-29]. Dostupné z: http://www.catia-forum.cz/articles/?article_id=22
- [15] TECHNODAT. *CAE systémy* [online]. [cit. 2016-02-29]. Dostupné z: <http://www.technodat.cz/catia-plm-express>
- [16] Sídlo společnosti. *AUFEER DESIGN* [online]. [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://www.aufeer.cz/ru/stranitsa/filialy.html>
- [17] AUFEER DESIGN Nový Jičín. *Firmy.cz* [online]. [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://www.firmy.cz/detail/12786370-aufeer-design-novy-jicin.html>
- [18] Cubing a kontrolní přípravky. *Chropynská strojírna* [online]. [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: <http://www.chropynska.cz/24771-cubing-kontrolni-pripravky>
- [19] Výroba forem pro zpracování termoplastů. *Konstrukce a výroba forem* [online]. [cit. 2016-03-28]. Dostupné z: <http://www.linaset.cz/konstrukce-a-vyroba-vstrikovacich-forem>
- [20] Products. *AutohausAZ* [online]. [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://www.autohausaz.com/secure/partimages/9169599.jpg>
- [21] Inspection Fixture. *KSINGMOULD* [online]. [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://ksingmould.com/mold-tooling/inspection-fixture/>
- [22] Inventor Library. *Photobucket* [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: http://s429.photobucket.com/user/hickoz_bro/media/Inventor%20-%20Misc%20Images/14-05-201112-32-54PM.jpg.html
- [23] Catia Makra - Razítka v CATIA V5. *TECHNODAT* [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.technodat.cz/catia-makra-razitka-v-catia-v5>
- [24] Sukhoi 27. *My Catia V5* [online]. [cit. 2016-04-28]. Dostupné z: <http://mycatia5.blogspot.cz/2010/10/sukhoi-27-flanker-3-plan-view-reverse.html>
- [25] Phone model. *Ytimg models* [online]. [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <https://i.ytimg.com/vi/ial-eVYtHew/maxresdefault.jpg>

Seznam použitých značek a symbolů

IČO	Identifikační číslo organizace
DIČ	Daňové identifikační číslo
3D	3-Dimension
CAD	Computer Aided Design
CA	Computer Aided
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAE	Computer Aided Engineering
Catia	Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application
V5	Version 5
STEP	STandard for the Exchange of Product model data
TDM	Time Division Multiplex
KT1	Knowledge Template 1
KE1	Knowledge Expert 1

Seznam použitých jednotek

%	Procento
mm	Milimetr
h	Hodina
Kč	Koruna česká

Seznam příloh

Název	Označení	Formát
Předdefinovaná struktura	DRO0052 – příloha č.1	CD-ROM

Poděkování:

Rád bych poděkoval Ing. Liborovi Nečasovi, Ph.D. za cenné rady a trpělivost při zpracování diplomové práce. Také bych chtěl poděkovat Ing. Zdeňkovi Billovi, z firmy AUFEER DESIGN s.r.o., za poskytnutí podkladů a cenných informací z oblasti ekonomického fungování pobočky.