

Razvoj proizvoda sa posebnim osvrtom na fazu izrade prototipa

Mirjana Jakanović
student drugog ciklusa studija
Univerzitet u Istočnom Sarajevu
Mašinski fakultet
Istočno Sarajevo, BiH
jokanovic.mirjana1@gmail.com

Aleksandra Koprivica
student drugog ciklusa studija
Univerzitet u Istočnom Sarajevu
Fakultet za proizvodnju i menadžment Trebinje
Trebinje, BiH
aleksandra.koprivica@ymail.com

Sažetak – Važan aspekt postizanja što kvalitetnijeg proizvoda na tržištu jeste njegov prolaz kroz razvojne faze. Jedna od ključnih faza razvoja jeste izrada prototipa proizvoda. Razvojem savremene tehnologije usavršena je izrada prototipa. Pored velikog broja danas dostupnih tehnika izrade prototipa, značajno mjesto zauzima 3D štampa. U radu je dat osvrt na fazu izrade prototipa, te primjer njegove izrade primjenom 3D štampača.

Ključne riječi – razvoj proizvoda, prototip, 3D štampač;

I. UVOD

U osnovi, rast preduzeća, posebno proizvodnih preduzeća, postiže se konstantnim pronalaženjem i lansiranjem novih, te izmjenama postojećih proizvoda. Proces razvoja proizvoda je veoma bitan, jer od kvaliteta samog procesa zavise sve ostale karakteristike koje slijede poslije njegovog završetka, a to je prije svega konkurentnost.

U okviru razvoja proizvoda, zasigurno najbitnije mjesto, prije izrade konačnog proizvoda, zauzima faza izrade prototipa, u kojoj se izrađuje model željenog proizvoda, veoma reprezentativan, sa visokim kvalitetom i mogućnostima ispitivanja osobina i karakteristika. Kod izrade proizvoda složenije geometrije i oblika, klasične metode izrade prototipa predstavljaju ograničavajući faktor. Kao rezultat sve složenijih tehnoloških zahtjeva, razvijene su tehnologije brze izrade prototipa proizvoda pomoću aditivnih metoda.

Jedan od najjednostavnijih, a ujedno i najkvalitetnijih, postupaka brze izrade prototipa, koji je i na primjeru predstavljen u daljem radu, jeste izrada prototipa pomoću 3D štampača, koji daje model sa jasnom, preciznom i kvalitetnom geometrijom i oblikom modela proizvoda.

II. PROIZVOD

Proizvod je središnja tačka svake proizvodnje. Kvalitetan, a u isto vrijeme i jeftin proizvod pruža preduzeću garanciju uspjeha, omogućava mu sticanje konkurentne prednosti i opstanak na tržištu, te se zbog toga razvoju proizvoda unutar preduzeća posvećuje posebna pažnja. Samo neznatan broj preduzeća ima privilegiju da svoje proizvode podvrgava neznatnim ili malim promjenama, dok je većina preduzeća suočena sa stalnim i čestim promjenama. Razlog toga su što tehnologija napreduje veoma brzo, što se modni trendovi

mijenjaju, što se mijenja savjest korisnika proizvoda, itd. Proizvod predstavlja način na koji preduzeće usklađuje svoje mogućnosti sa jedne strane, sa potrebama, zahtjevima i očekivanjima korisnika sa druge strane, jer ustvari, potrebe korisnika ne postoje zbog proizvoda, već proizvod postoji zbog potreba korisnika. Pod proizvodom se može podrazumijevati sve ono što se može prodati, bilo da se radi o robi, uslugama, idejama ili bilo koja kombinacija navednih pojmova. Tabela I prikazuje razlike između roba i usluga.

TABELA I. RAZLIKA IZMEĐU ROBA I USLUGA [1]

ROBA	USLUGA
Opipljiva	Neopipljiva
Proizvodne kompanije	Uslužne kompanije-organizacije
Vremenski raskorak između proizvodnje i upotrebe	Istovremenost pružanja i konzumacije
Mjesto nastanka robe najčešće je fizički udaljeno od potrošača	Sredstvo pružanja usluge u neposrednoj blizini potrošača
Mogućnost visokog stepena automatizacije proizvodnog procesa	Zahtjeva značajni udio manualnog i misaonog rada
Tačno definisane procedure mjerenja kvalitativnih osobina	Utvrđivanje kvalitativnih karakteristika dosta teško
Kvalitet nije u funkciji pojedinca koji proizvodi robu	Kvalitet pružanja usluge u velikoj mjeri zavisi od pružaoca usluge
Izlaz je moguće precizno definisati	Rezultat pružanja usluge se teško kvantifikuje
Vrijednost ostaje očuvana duži vremenski period	Vrijednost se brzo mijenja, najčešće opada
Masovnost	Unikatnost
Nepostojanje direktnog kontakta između potrošača i proizvođača	Direktan kontakt između pružaoca usluge i konzumenta neophodan

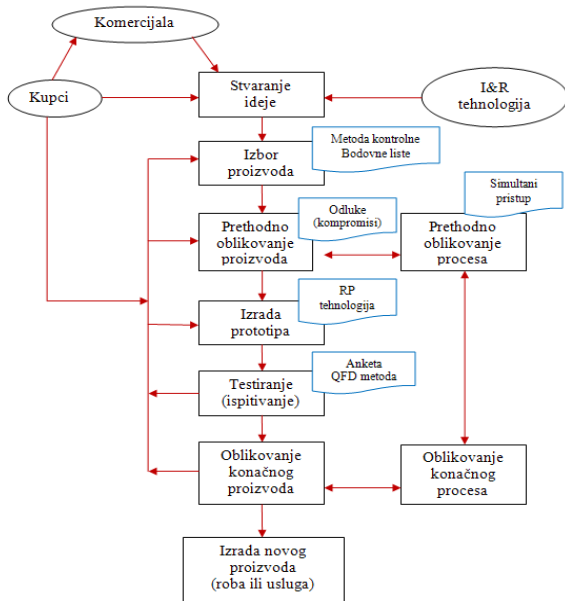
III. FAZE RAZVOJA PROIZVODA

Proces razvoja proizvoda sadrži brojne aktivnosti, koji različiti autori različito definišu. U principu, svi se slažu da proces razvoja proizvoda započinje idejom, a završava se kreiranjem finalnog proizvoda, spremnog za lansiranje na tržište.

Prema Šrederu, proces razvoja proizvoda sastoji se iz 6 faza (Slika 1) [2]:

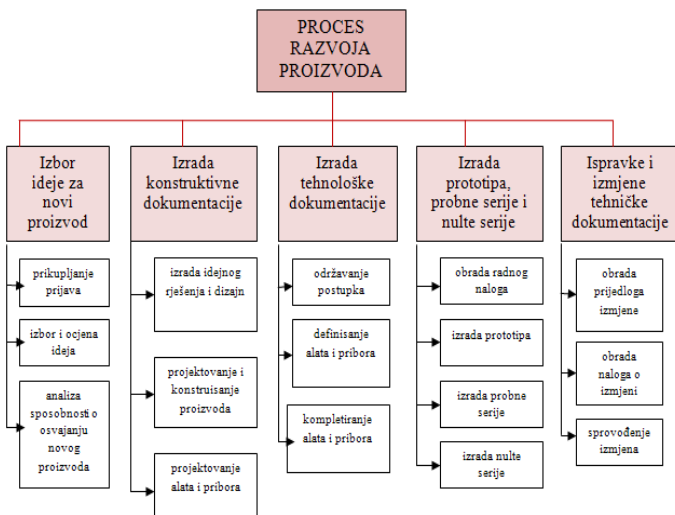
1. Stvaranje ideje,
2. Izbor proizvoda,
3. Prethodno oblikovanje proizvoda,
4. Izrada prototipa,

5. Testiranje,
6. Konačni dizajn proizvoda.



Slika 1. Proces razvoja novog proizvoda

Takođe, ako se u bilo kojoj fazi, na osnovu rezultata prethodne faze, utvrdi da se naredna ne može realizovati ili se procjeni da se ne mogu realizovati postavljeni planovi i ciljevi, prethodna faza bi trebala biti ponovljena. To znači da su u strukturi procesa razvoja proizvoda prisutne povratne veze, koje je veoma teško planirati, ali se u proces samog razvoja proizvoda mogu ugraditi i kao korektivne mjere. Slika 2 prikazuje pojedine aktivnosti unutar svake pomenute faze.



Slika 2. Stablo aktivnosti za proces razvoja proizvoda

Na strukturu faza razvoja proizvoda veliki uticaj imaju [4]:

- novitet proizvoda,
- količina u kojoj će se isti proizvoditi i
- priroda proizvoda (područje fizičke stvarnosti).

IV. IZRADA PROTOTIPA

Riječ prototip predstavlja izvednicu grčkih riječi *protos* = prvi i *tipos* = impresija, odnosno *prototipon* = primitivna forma. Prema tome, opšta definicija može se formirati kao: *Prototip je prvi ili originalni primjerak nečega što je ili će biti umnožavano ili razvijano.* Međutim, obzirom na široku upotrebu pojma prototipa u praksi, može se uzeti sljedeća sveobuhvatnija definicija: Prototip je prvi, izvorni oblik, tip, primjer, proizvoda/sistema ili nekog njegovog dijela u odgovarajućoj formi, namjenjen za različite vidove ispitivanja, testiranja i upotrebe, u zavisnosti od karakteristika samog prototipa i područja implementacije novo-razvijenog proizvoda/sistema.

Veoma je bitno precizirati razliku između prototipa i konačne proizvodne varijante proizvoda. U suštini, mogu se precizirati tri osnovne razlike:

- **Materijali;** U slučaju proizvodnje prototipova, materijali koji se koriste za njihovu proizvodnju uglavnom predstavljaju substitutivne materijale čije osobine osiguravaju koliko toliko simuliranje realnih materijala od kojih će biti izrađen proizvod. Osim toga, materijali koji se koriste za izradu finalnih proizvoda zahtjevaju proizvodne procese koji uključuju viša kapitalna ulaganja, nego što je to slučaj pri proizvodnji prototipova.

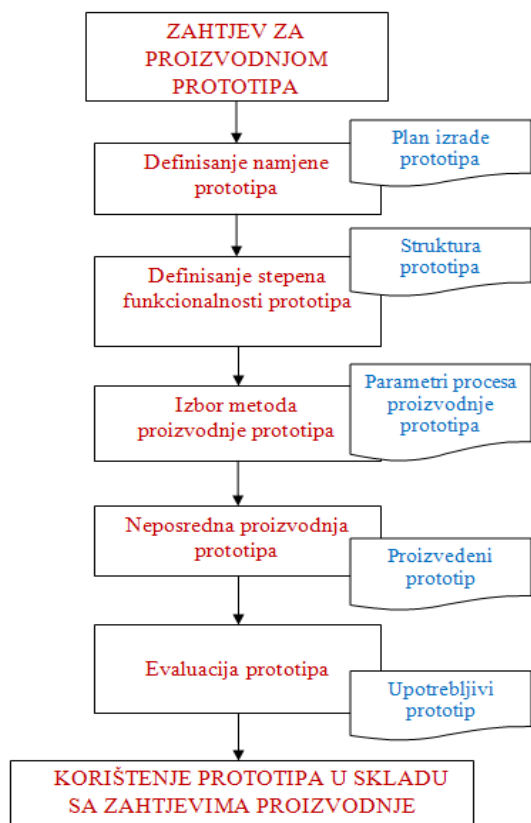
- **Procesi;** Pri proizvodnji finalnih proizvoda zahtjevaju se skupi i vremenski dugotrajni unikatni procesi obrade. Sa druge strane, pri izradi prototipova pribjegava se korištenju što fleksibilnijih procesa. Obzirom da je proizvodnja prototipa bliža pojedinačnoj nego serijskoj proizvodnji, koja teži snižavanju troškova procesa proizvodnje prototipa, to se pri proizvodnji istih nastoje implementirati proizvodni procesi, koji osiguravaju što viši nivo prilagodljivosti.

- **Kvalitet i tačnost izrade;** Finalni proizvodi zahtjevaju preciznu i tačnu proizvodnju svih detalja proizvoda, što iziskuje značajne napore i troškove, dok prototipovi to ne zahtjevaju, tj. kod njih su prisutna određena ograničenja naspram inženjerskih detalja, u poređenju sa finalnim proizvodima.

U skladu sa zahtjevima i karakteristikama koji se postavljaju, faze procesa izrade prototipa mogu se sagledati kroz (Slika 3) [1]:

- definisanje namjene prototipa,
- definisanje stepena funkcionalnosti prototipa,
- izbor metode proizvodnje prototipa,
- neposredna proizvodnja prototipa,
- evaluacija prototipa.

U cilju zamjene proizvodnje skupocjenog fizičkog prototipa proizvoda, u pojedinim fazama razvoja proizvoda, moguće je pribjeći generisanju virtuelnog prototipa, koji bi imao iste funkcije i osobine, kao i njegov fizički oblik. Virtuelni prototip se može definisati kao računarska simulacija određenog aspekta dizajna ili cjelokupnog proizvoda, koji se može u virtuelnom svijetu prezentovati, analizirati i testirati, u odnosu na konkretne aspekte koji djeluju na proizvod tokom njegovog životnog ciklusa.



Slika 3. Faze procesa proizvodnje prototipa

Metode za proizvodnju fizičkih prototipa mogu se razvrstati u tri grupe [3]:

- tradicionalne metode (ručne i mašinske),
- brza izrada prototipa i
- ostale.

V. BRZA IZRADA PROTOTIPA

Pod pojmom brza izrada prototipa (*rapid prototyping* – *RP*) podrazumijeva se niz sličnih proizvodnih procesa, kojima se automatizovano, sukcesivnim nanošenjem i spajanjem slojeva građivnom materijala, na osnovu upravljačkih instrukcija kreiranih direktno iz *CAD (Computer Aided Design)* datoteka ili drugih digitalnih podataka, bez korištenja alata, pribora, bez potrebe za dodatnim mašinskim operacijama, proizvode fizički objekti. Iako u svojoj sintagmi sadrži prefiks brza, taj pridjev je relativan, budući da izrada prototipa ovom metodom traje od 3-72 sata. Ali, u poređenju sa vremenom potrebnim za proizvodnju identičnog fizičkog objekta konvencionalnim pristupima, pridjev dobija svoje puno značenje.

Osnovni princip, zajednički za sve tehnike brze izrade prototipa, bio bi sljedeći [5]:

- posmatrani objekat se modelira u *CAD/CAM* sistemu,
- prethodno dobijeni model se konvertuje u *STL (STereoLithography)* format,
- poseban softver analizira poligonalni model i pretvara ga u niz poprečnih presjeka.

Cjelokupan proces se može sagledati kroz 3 faze [3]:

- pred-procesiranje,
- neposredna proizvodnja prototipa i
- naknadna obrada ili post-procesiranje.

Budući da su prednosti *RP* tehnologija ogromne, to je za posljedicu imalo njihov ubrzan razvoj, tako da se danas može govoriti o stablu *RP* tehnologija. Zajednička karakteristika svih tehnologija jeste da koriste metod izrade sloj po sloj, a zavisno od toga koji materijal se koristi (tečni, čvrsti, praškasti,...) sve tehnike brze izrade prototipa moguće je podijeliti u 2 grupe [5]:

1. Tehnike dodavanja materijala, koje fizički model grade sloj po sloj. U okviru ove grupe postoji veliki broj primjenjenih tehnika, a one koje se najčešće koriste u praksi su sljedeće:

- Stereolitografija - *SLA*,
- Selektivno lasersko sinterovanje - *SLS*,
- Modeliranje deponovanjem topljenog materijala - *FDM*,
- *3D* štampa - *3DP*;

2. Procesi skidanja materijala, kao što je npr. glodanje kojim se skida višak materijala sa bloka prostornog modela, čime se proizvodi željeni fizički model.

Tehnologija trodimenzionalnog štampanja razvijena je na Institutu za tehnologiju, Masačusets. *Z Corporation* kompanija je razvila i komercijalizovala 1997. godine svoj prvi *3D* štampač, *Z402* sistem. Ovo je tehnologija koja se često koristi i kao direktan proizvođački proces.

Rad ovih sistema zasniva se na hemijskom vezivanju, adhezivnim tečnim sredstvima- binder, praškastih građivnih materijala, pri čemu se fizički objekti štampaju direktno iz *3D CAD* okruženja. Kao i kod prethodno navedenih tehnologija, i ovdje se primjenjuje princip formiranja modela sloj po sloj. Osnovni materijal je u obliku praša, a vezivni u obliku tečnosti. Nanošenjem adhezivnog sredstva na praškasti materijal vrši se povezivanje čestica u jednom sloju.

Zahvaljujući brojnim prednostima *3D* štampanja, ova vrsta tehnologije se danas sve više primjenjuje. Neke od prednosti su [3]:

- niska cijena materijala,
- nema striktnog zahtjeva naspram generisanja strukturnog oslonca,
- direktna proizvodnja prototipa u boji,
- velika brzina izrade,
- mogućnost instalacije u kancelarijskom okruženju,
- maksimalno iskorištenje građivnog materijala,
- jednostavnost upotrebe,
- svestranost, itd.

Sa druge strane, tehnologija *3D* štampe ima i značajne nedostatke, kao npr. [3]:

- ograničena funkcionalnost dijelova,
- tačnost dijela,
- loša završna obrada,
- ograničavanje izbora materijala, itd.

VI. IZRADA PROTOTIPA PRIMJENOM 3D ŠTAMPAČA

ZPrinter 450 sadrži najnovije funkcije koje automatizuju i pojednostavljaju proces 3D štampanja u boji. Prijatan dizajn i jednostavnost, kombinovani sa visokim performansama kompozitnih materijala omogućili su široku upotrebu navedenog štampača. *ZPrinter 450* je danas najisplativiji štampač, koji je dostupan za brzu izradu prototipova. Bitno je naglasiti i to da se dobija precizni 450 *DPI (Dots Per Inch)* 3D model prototipa u boji i to pet do deset puta brže u odnosu na ostale štampače iste namjene. Pored nekoliko postojećih mogućnosti za štampanje, štampanje se uglavnom vrši u slajevima. Izgled štampača prikazan je na slici 4.



Slika 4. ZPrinter 450 [12]

Brza izrada prototipa prikazana je na primjeru držača za olovke. Predmet je polukružnog oblika, a na gornjoj površini su izbušena 3 otvora za olovke. Jedan je pod uglom od 90° Radionički crtež predmeta, tj. 2D model, urađen je primjenom *AutoCad 2013* softvera. Na osnovu 2D modela, izrađen je i 3D model, prikazan na slici 5.

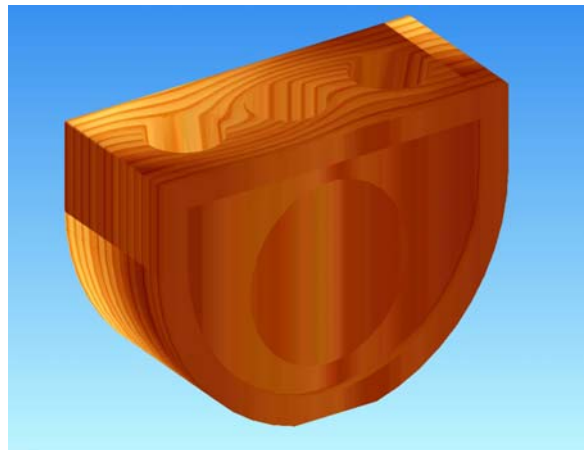


Slika 5. Model držača za olovke

3D model je dalje transportovan u *STL file format*, koji je podržan od strane mnogih softverskih paketa. Pošto *STL* datoteke opisuju samo površinsku geometriju trodimenzionalnih objekata, uglavnom bez zastupljenosti boja, tekstura ili drugih zajedničkih atributa modela, držač za olovke je, u odnosu na

3D model, lošijeg kvaliteta. Izgled predmeta u *STL* formatu dat je na slici 6.

Softver *ZEdit Pro* omogućava vršenje intervencija na modelu, tj. mogu se dodavati boje, a postoji mogućnost eksperimentisanja geometrijom, što za rezultat ima popravljavanje modela razdvajanjem pojedinih slojeva i sl. Specijalno, za štampu se koristi *Z3D Print* softver, koji ima mogućnost manipulacije objekta, neposredno prije same štampe.



Slika 6. Izgled predmeta u STL formatu

Dalje se proces odvija na ranije opisan način, pri čemu se nanosi sloj po sloj praša, sve dok se ne izradi željeni dio. Završetkom štampanja, objekat ne posjeduje dovoljnu čvrstoću, te ga je potrebno infiltrirati. Za proces infiltracije koriste se dvokomponentne smole i cijanov krilat. Dvokomponentne smole su jeftinije, dok je cijanov krilat skuplji. Međutim, predmeti infiltrirani njime mogu da se obrađuju i na *CNC* mašinama. Izgled 3D modela držača za olovke prikazan je na slikama 7 i 8, koje jasno pokazuje da proizvedeni prototip u potpunosti odgovara 3D modelu, te da se na njemu mogu vršiti željena ispitivanja. Iako je proces trodimenzionalnog štampanja relativno jednostavan i iako zahtjeva kratko vrijeme za izradu predmeta, on još uvijek nije tehnološki dostupan svima, zbog svoje visoke cijene koštanja samog procesa.



Slika 7. Izrađeni model prototipa



Slika 8. Izrađeni model prototipa

VII. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Svjedoci smo da tehnologija napreduje i razvija se velikom brzinom i da tradicionalne metode izrade prototipa sve više gube na svom značaju, te da je najbolji i najkvalitetniji način izrade prototipa njegova izrada tzv. tehnologijom brze izrade prototipa. Ukoliko proizvodna preduzeća žele da napreduju, razvijaju se, te da postanu konkurentna na tržištu, trebaju ići u korak sa tehnologijom i primjenjivati navedenu tehnologiju. Jedna od danas najčešće korištenih metoda za brzu, savremenu, izradu prototipa je svakako *3D* štampanje.

Pojavu tehnologija *3D* printanja su već mnogi proglasili trećom industrijskom revolucijom, kao i tehnologijama koje će zasigurno obilježiti 21. vijek. U svijetu se te tehnologije uspješno primjenjuju od kraja 80-tih godina prošlog vijeka, dok kod nas tek u posljednje vrijeme sve više pojedinaca i preduzeća vidi prednosti tih tehnologija.

Na osnovu *3D* printova budućih proizvoda mogu se kvalitetnije analizirati budući proizvodi, te izbjeći potencijalne greške na proizvodima koje se, samo na osnovu *3D* računarskog modela, ne bi mogle uočiti. A to, naravno, štedi i vrijeme i novac.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je nastao kao rezultat istraživanja u okviru Završnog rada, na 1. ciklusu studija, iz predmeta Upravljanje proizvodnjom, koji se na Fakultetu za proizvodnju i menadžment Trebinje, studijski program Industrijski menadžment, sluša u VII semestru.

Zahvaljujemo se doc. dr Obradu Spaiću na korisnim savjetima i sugestijama, kao i Fakultetu za proizvodnju i menadžment Trebinje na obezbjeđenju uslova za izvođenje istraživanja.

LITERATURA

- [1] A. Topčić, Dž. Tufekčić, E. Cerjaković, Razvoj proizvoda, Univerzitet u Tuzli, Mašinski fakultet u Tuzli, Tuzla, 2012. god.
- [2] R. G. Šreder, Upravljanje proizvodnjom, Mate d.o.o., 1999. god.
- [3] A. Topčić, E. Cerjaković, Izrada prototipa, Univerzitet u Tuzli, Mašinski fakultet u Tuzli, 2014. god.
- [4] B. Petrović, Razvoj proizvoda – istraživanja i primjene, FTN – Institut za industrijske sisteme, IIS – Istraživački i tehnološki centar, Novi Sad, 1997. god.
- [5] V. Mandić, Virtualni inženjering, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Centar za virtualnu proizvodnju, 2007. god.

[6] Dr M. Trajanović, Dr N. Grujović, Mr J. Milovanović, V. Milivojević, Računarski podržane brze proizvodne tehnologije, Mašinski fakultet u Kragujevcu, 2008. god.

[7] Dr N. Mileusnić, Planiranje i priprema proizvodnje, Privredni pregled, Beograd, 1974. god.

[8] M. Plančak, Brza izrada prototipova, modela i alata, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2004. god.

[9] K. T. Ulrich, S. D. Eppinger, Product Design and Development, 3rd edition, NY, McGraw Hill, 2004. god.

[10] S. C. Wheelwright, K. B. Clark, Revolutionizing Product Development, Maxwell-Macmillan, NY, 1992. god.

ABSTRACT

An important aspect of achieving a quality product on the market is its passage through the development phases. One of the key stages of development is development of a prototype. In addition to a large number of currently available techniques of prototyping, 3D printing takes an important place. This scientific work gives an overview of the prototyping phases and an example of its development, the application of 3D printer.

THE DEVELOPMENT OF THE PRODUCT WITH SPECIAL VIEW AT THE PHASE OF PROTOTYPING

Mirjana Jokanovic
Aleksandra Koprivica