



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-19-0029

Papiere pre tlačnú elektroniku

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Juraj Gigac, PhD.**

Príjemca **Výskumný ústav papiera a celulózy a.s.**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Výskumný ústav papiera a celulózy a.s.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Na riešení projektu neparticipovali žiadne domáce a zahraničné spoluriešiteľské organizácie.

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

2.1.01 Počet patentových prihlášok v SR: 1

2.1.01 Patentová prihláška PP-105-2022 (8.11.2022) "Spôsob bezdotykového merania drsnosti povrchu". Pôvodcovia PPV: Jozef Martinka¹, prof., Ing., PhD., Maroš Soldán¹, prof., Ing., PhD., Juraj Gigac², Ing., PhD. (1MTF v Trnave STU Bratislava, 2Výskumný ústav papiera a celulózy a.s. Bratislava). Vynález sa týka spôsobu bezdotykového merania drsnosti povrchu materiálov a výrobkov a spadá do oblasti počítačového videnia, umelej inteligencie, strojárskoho, drevospracujúceho a papierenského priemyslu, bezpečnosti a sterilizácie infekčných agensov ultrafialovým žiarením.

2.2.03 Počet úžitkových vzorov: 1

Zapísaný úžitkový vzor UV 9531 (25.5.2022) "Hladené natierané lepenky a kartóny pre tlačnú elektroniku, spôsob ich prípravy a použitia". Pôvodcovia: Juraj Gigac, Mária Fišerová. Majiteľ: Výskumný ústav papiera a celulózy a.s., Bratislava.

Prihláška úžitkového vzoru PÚV-50081-2021 (21.10.2021) "Hladené natierané lepenky a kartóny pre tlačnú elektroniku, spôsob ich prípravy a použitia" bola podaná na základe porovnania vlastností natieraných skladačkových lepeniek hladených technikami kalandrovania a horúcej razby. Horúca razba s použitím hladkej kovovej matrice umožňuje zvýšiť hladkosť natieranej lepenky a kartónu na úroveň požadovanú pre tlač elektrických a elektronických komponentov termotransferovými páskami v raziacom stroji alebo termotransferovej tlačiarňi, a/alebo atramentovej tlačiarňi. Pri rovnakej hladkosti povrchu natieranej lepenky a kartónu sa horúcou razbou dosiahne vyššia tuhosť ako pri hladení kalandrom. Hladením horúcou razbou sa dosiahne zníženie hrúbky a tuhosti len v mieste pre tlačnú elektroniku, preto budú mať obaly z natieraných lepeniek a kartónov hladených horúcou razbou vyššiu tuhosť ako po hladení kalandrom, nakoľko nehladená časť obalu si zachováva pôvodnú tuhosť, čo umožní znížiť hmotnosť obalu.

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1.02 Vedecké práce v zahraničných CC časopisoch: 2

1.02 Gigac, J., Fišerová, M., Kováč, M., Hegyi, S., 2021: Passive UHF RFID tags with thermal-transfer-printed antennas. *Materials and Technology* 55(2): 277-282, UDK 620.1:681.625.922:655.3.066.252.

1.02 Gigac, J., Fišerová, M., Russ, A., 2023: Effect of precoating on properties of functional coating and electrical conductivity of inkjet-printed electronics. *Cellulose Chemistry and Technology* 57(1-2): 133-142, <https://doi.org/10.35812/CelluloseChemTechnol.2023.57.14>.

1.04 Citácie v karentovaných časopisoch na publikácie v rámci projektu (bez samocitácií): 2

1.04 Gigac, J., Fišerová, M., Kováč, M., Hegyi, S., 2021: Passive UHF RFID tags with thermal-transfer-printed antennas. *Materials and Technology* 55(2): 277-282.

• Kommey, B., Addo, E.O., Tamakloe, E., 2023: Systematic design and prototyping of a low-cost passive UHF-RFID transponder. *Engineering Reports*; e 12636. <https://doi.org/10.1002/eng2.12636>.

1.04 Gigac, J., Fišerová, M., Hegyi, S., 2021: Comparison of thermal transfer and inkjet printing of UHF RFID tag antennas on paper substrates. *Wood Research* 66(1): 71-84, <https://doi.org/10.37763/wr.1336-4561/66.1.7184>.

• Yue, Ch., Wang, J., Wang, Z., Kong, B., Wang, G., 2023: Flexible printed electronics and their applications in food quality monitoring and intelligent food packaging: Recent advances. *Food Control*. DOI: 10.1016/j.foodcont. 2023.109983.

1.06 Vedecké práce v recenzovaných vedeckých časopisoch v SR: 4

1.06 Gigac, J., Fišerová, M., Hegyi, S., 2021: Comparison of thermal transfer and inkjet printing of UHF RFID tag antennas on paper substrates. *Wood Research* 66(1): 71-84, <https://doi.org/10.37763/wr.1336-4561/66.1.7184>.

1.06 Gigac, J., Fišerová, M., 2022: Effect of smoothing in calender and hot stamping machine on the properties of coated paperboards for printed electronics. *Wood Research* 67(1): 26-40, <https://doi.org/10.37763/wr.1336-4561/67.1.2640>

1.06 Gigac, J., Fišerová, M., Tiňo, R., 2022: Effect of paperboard surface modifications on electrical conductivity of printed UHF RFID antennas. *Wood Research* 67(4): 671-685, <https://doi.org/10.37763/wr.1336-4561/67.4.671685>.

1.06 Gigac, J., Fišerová, M., Hegyi, S., Kováč, M., 2023: Quality evaluation of UHF RFID antennas and passive tags on paper substrates. *Wood Research* 68(1): 183-199, <https://doi.org/10.37763/wr.1336-4561/68.1.183199>.

1.07 Vedecké práce v recenzovaných vedeckých časopisoch v zahraničí: 2

1.07 Gigac, J., Fišerová, M., 2022: Properties of smoothed coated paperboards for printing electrical and electronic components. *Papír a celulóza* 77 (1): 15-20.

1.07 Fišerová, M., Gigac, J., 2023: Electrical conductivity of antennas printed on paperboard and communication quality of passive tags attached to different materials. *Papír a celulóza* 78 (4-5): 95-100.

3.4 Počet poloprevádzkových liniek: 1

3.4 Návrh pilotnej linky priemyselnej výroby pasívnych UHF RFID tagov.

Linka bude zložená z technologických procesov výroby antén, pripájania čipov k anténam, konverzie a personalizácie RFID tagov:

A. Proces výroby RFID antén z kotúča alebo z hárku. Pre výrobu papierových RFID etikiet sa navrhli tri tlačové technológie (termotransferová tlač, rotačná horúca razba alebo inkjetová tlač). Prostredníctvom navrhnutých zariadení pre tlač RFID antén technológiou rotačnej horúcej razby sa dosiahne výrazne nižšia uhlíková stopa v porovnaní s inkjet technológiou. Pre priamu výrobu inteligentných lepenkových obalov bola navrhnutá technológia horúcej razby RFID antén v strojoch s valcovým alebo doskovým raziacim lisom.

B. Proces pripájania integrovaných obvodov čipov k RFID anténam.

C. Proces konverzie a personalizácie RFID tagov.

3.5 Počet overených technológií: 4

3.5 OT1/2021: Overené technológie výroby termotransferových a inkjetových papierov pre tlač elektroniky a elektronických komponentov. Pre tlač elektroniky je povrchová hladkosť konvenčných papierov nízka v porovnaní s plastovým substrátom, preto sa povrch papiera modifikuje natieraním a hladením. Vysoké požiadavky na hladkosť povrchu papiera sa dosahujú viacnásobným natieraním. Navrhli sme technológiu výroby termotransferových a inkjetových papierov pre tlač elektrických a elektronických komponentov. Pre výrobu

kvalitného termotransferového papiera je potrebné použiť buničinové vlákna, náterové pigmenty na báze uhličitanu vápenatého s vhodnou distribúciou veľkosti častíc a 20-60% podielom spojiva (polyvinylalkoholu) v náteri. Na zvýšenie odolnosti papiera proti zmenám relatívnej vlhkosti vzduchu, proti tvorbe statického náboja na spodnej strane papiera a pre zníženie prášivosti je potrebné aplikovať bariérový náter (polyvinylalkoholový film alebo polyvinylalkoholový náter s podielom pigmentu platničkového tvaru) pod funkčný vrchný náter a na zadnú stranu papierovej podložky. Pre výrobu kvalitného inkjetového papiera je potrebné použiť kvalitné buničinové vlákna, hydrofilné nátery s pigmentami na báze oxidu kremičitého alebo hlinitého, uhličitanu vápenatého alebo ich zmesí s vhodnou distribúciou veľkosti častíc a 20-40% podielom spojiva (polyvinylalkoholu) v náteri. Na zvýšenie vodivosti elektrických a elektronických komponentov, odolnosti papiera proti zmenám relatívnej vlhkosti vzduchu, proti tvorbe statického náboja na spodnej strane papiera a zníženie prášivosti je potrebné aplikovať bariérový náter (polyvinylalkoholový film alebo polyvinylalkoholový náter s podielom pigmentu platničkového tvaru) pod funkčný vrchný náter a na zadnú stranu papierovej podložky.

3.5 OT2/2022: Overená technológia termotransferovej tlače na plazmou upravených povrchoch hladných papierov a skladačkových lepeniek určených najmä na obaly. Modifikáciou povrchu plazmou sa dosiahlo zvýšenie zmäčavosti, dokonalé rozostieranie termoplastickej spojovacej vrstvy a zvýšenie prínavosti vytlačenej vodivej hliníkovej vrstvy. Elektrická vodivosť UHF RFID antén vytlačených na papieri a skladačkovej lepenke s povrchom modifikovaným hladením a plazmou bola rovnaká ako antén vytlačených na komerčnom PET filme pre tlačnú elektroniku. Plazmovou úpravou povrchu papierových substrátov sa dosiahla časovo obmedzená zmäčavosť potrebná len pri tlači antén, po ktorej sa obnovil pôvodný hydrofóbny povrch papierových substrátov.

3.5 OT3/2022: Overená technológia tlače UHF RFID antén horúcou razbou s termotransferovými páskami Metallograph na PET filme, papieroch a skladačkových lepenkách v razbovom stroji HX-358. Pre zlepšenie separácie nosnej fólie od vytlačenej hliníkovej vrstvy na substráte sa vykonali rôzne úpravy v razbovom stroji ako je použitie separačnej oceľovej tyče a rôzne spôsoby upevnenia substrátu na podklade. Týmito úpravami sa zlepšila potlačiteľnosť, avšak s výrazným rozptylom elektrickej vodivosti vytlačených antén. Preto bol povrch substrátov pred tlačou upravený plazmou, po ktorej sa dosiahlo výrazné zvýšenie rovnomernosti potlačiteľnosti horúcou razbou a elektrickej vodivosti dipólu antény. Výsledky overovacej skúšky potvrdili dôležitosť úpravy povrchu substrátov plazmou pred tlačou UHF RFID antén horúcou razbou s termotransferovými páskami.

3.5 OT4/2023: Overená technológia výroby RFID tagov. Skúšky výroby pasívnych tagov potvrdili dostatočnú kvalitu povrchu po spracovaní papiera a skladačkovej lepenky hladením a plazmou, kvalitu UHF RFID antén pripravených termotransferovou tlačou alebo horúcou razbou, kvalitu pripojenia integrovaných obvodov čipu k svorkám indukčnej slučky antény pomocou jednozložkových izotropných alebo anizotropných vodivých lepidiel, ktoré boli potrebné pre dosiahnutie vysokej komunikačnej kvality UHF RFID tagov. Výsledky boli použité pri návrhu pilotnej a priemyselnej linky výroby pasívnych UHF RFID tagov pre širokú paletu aplikácií v papierenskom a obalovom priemysle.

4.2 Počet vzdelávacích kurzov: 3

4.2 Gigac, J., Fišerová, M. (2022): Papierové substráty pre tlač elektrických a elektronických komponentov. Prezentácia v printhouse s.r.o., 18.05.2022, Bobot.

4.2 Gigac, J., Fišerová, M. (2023): Tlačená elektronika na papieri. Prezentácia v printhouse s.r.o., 30.05.2023, Bobot.

4.2 Gigac, J., Fišerová, M. (2023): Technológia výroby inteligentných etikiet a obalov. Prezentácia v printhouse s.r.o., 30.05.2023, Bobot.

4.6 Počet popularizačných aktivít: 7

4.6 Gigac, J., Fišerová, M., 2020: Termotransferová tlač a požiadavky na kvalitu papiera. Prezentácia v spoločnosti printhouse s.r.o., Bobot, ktorá je potenciálnym realizátorom výsledkov výskumu.

4.6 Gigac, J., Fišerová, M.: Hodnotenie efektov modifikácie povrchu papierových substrátov pre tlačnú elektroniku. Prezentácia v printhouse s.r.o., Bobot, 2.12.2021.

4.6 Gigac, J., Fišerová, M. (2022): Tlačená elektronika na papieri a skladačkovej lepenke. Prezentácia v Grafobal a.s., 28.3.2022, Skalica.

4.6 Gigac, J., Fišerová, M. (2022): Tlač UHF RFID antén na papier. Prezentácia na valnom

zhromaždení Zväzu polygrafie na Slovensku, 27.4.2022, SOŠ polygrafická, Račianska 190, Bratislava.

4.6 Fišerová, M., Gigac, J. (2022): Papierové substráty pre tlač elektroniky nahrádzajú plasty. Zborník z konferencie LIGNOSILVA 2022, konanej 16.11.2022 pri príležitosti 70. výročia Výskumnej stanice Gabčíkovo.

4.6 Gigac, J., Fišerová, M. (2023): Tlač UHF RFID antén na papier. Prezentácia v Eco-Pack a.s., 31.5.2023, Prešov.

4.6 Gigac, J., Fišerová, M. (2023): Technologické procesy a zariadenia na výrobu inteligentných etikiet a obalov. Prezentácia v Eco-Pack a.s., 31.5.2023, Prešov.

5.6 Počet ďalších výsledkov: 8

5.6 Gigac J., Hegyi, S., Kováč, M., Fišerová, M., Opálená, E.: Natieranie papiera pre inkjetovú a termotransferovú tlač UHF RFID antén, Priebežná výskumná správa VS 3284/2020 (VTEI VÚPC).

5.6 Zavedenie dvoch optických metód fotoklinometrie a SEM mikroskopie pre hodnotenie drsnosti povrchu a povrchovej porozity papierov pre inkjetovú a termotransferovú tlač (2020).

5.6 Gigac, J., Fišerová, M., Hegyi, S., Kováč, M., Opálená, E.: Príprava papierov natieraním a hladením a tlač elektroniky. Priebežná výskumná správa VS 3292/2021, str. 1-48. (VTEI VÚPC).

5.6 OV1/2021: Výber tlačovej techniky pre elektrické a elektronické komponenty. Inkjetová tlač s vodivým atramentom je rýchla a efektívna metóda pre tlač elektrických a elektronických komponentov. Atramenty s nanočasticami striebra sú vhodné pre inkjetom tlačenú elektroniku na papierových substrátoch, vzhľadom na relatívne nízku teplotu sintrovania a ich relatívne vyššiu vodivosť v porovnaní s atramentmi založenými na nanočasticách medi alebo zlata. Pre tlač bola použitá piezoelektrická inkjetová tlačiareň EPSON Stylus C88+. Inkjetová tlač vyžaduje atramenty s nízkou viskozitou. Možné je tiež použiť atrament s nanočasticami striebra so vstavaným sintrovacím mechanizmom. Termotransferová tlač s použitím vodivej termotransferovej pásky Metallograph® je nová, jednoduchá, rýchla a hospodárna metóda digitálnej tlače pre elektrické a elektronické komponenty. Pre termotransferovú tlač bola použitá tlačiareň SATO CL4NX.

Termotransferová páska pozostáva z tepelne odolného náteru, polyetylén tereftalátovej nosnej fólie, uvoľňovacej vrstvy, vákuovo metalizovanej kontinuálnej vrstvy a termoplastickej spojovacej vrstvy. Výhodou termotransferovej tlače je tiež nízka spotreba hliníka, pretože sa aplikuje v hrúbke 260 nm. Horúca razba je na rozdiel od termotransferovej tlače použiteľná pre tlač na substrátoch aj s väčšou hrúbkou ako 300 µm. Na horúcu razbu bol použitý pákový raziaci stroj HX-358. Teplota matrice a pracovný tlak sa dajú plynule nastaviť. Kľúčové vlastnosti papierového substrátu pri horúcej razbe páskou sú hladkosť, štruktúra povrchu, priľnavosť, povrchová pevnosť, rovinnosť a stálosť pri stanovenom obsahu vlhkosti. Pre dosiahnutie kvalitnej horúcej razby je dôležitý typ raziacej pásky, tlak, doba prítlaku a teplota.

5.6 OV2/2021: Hodnotiace metódy papierov pre tlač elektrických a elektronických komponentov. Povrchová drsnosť papierov a skladačkových lepeniek sa hodnotila fotoklinometrickou metódou. Merací systém fotoklinometrie pozostáva zo svetelného zdroja osvetľujúceho povrch papiera pod uhlom 10° a kamery, ktorá nasníma osvetlenú časť. Povrch papierov a skladačkových lepeniek bol zobrazený CCD kamerou v makro režime. Obsah povrchových pórov sa stanovil skenovacou elektrónovou mikroskopiou. Pre zobrazenie bol použitý skenovací elektrónový mikroskop, vybavený Schottkyho termoemísnou katódou, energiovo a vlnovo disperzívnymi spektrometrami. Obsah pórov bol vypočítaný z histogramov získaných spracovaním SEM obrazov pri 10 000 násobnom zväčšení pomocou softvéru ImageJ. Voľná povrchová energia a jej disperzná a polárna zložka na vonkajšej a vnútornej strane papiera a skladačkovej lepenky sa stanovili pomocou merania kontaktného uhla testovacej kvapaliny optickým tenziometrom. Meral sa počiatočný a dynamický kontaktný uhol zmáčania povrchu tlačových substrátov vodou, 16% roztokom izopropanolu, nízkoviskóznym a vysokoviskóznym olejom. Pre stanovenie voľnej povrchovej energie a určenie jej disperznej a polárnej zložky sa použila trojica testovacích kvapalín s rôznym povrchovým napätím: dijódmetylán, etylénglykol a tiodiglykol, pričom sa do výpočtu použili hodnoty počiatočných kontaktných uhlov.

5.6 OV3/2022: Návrh plazmovej úpravy povrchu papierov a skladačkových lepeniek pre tlačenú elektroniku. Pre tlačenú elektroniku na papieroch a skladačkových lepenkách s

hydrofóbnym povrchom je pred tlačou potrebná plazmová úprava povrchu. Navrhol sa postup ADRE (atmosférický výboj s unikajúcimi elektrónmi). Efekt spracovania plazmou závisel od podmienok použitých pri vystavení papiera a skladačkových lepeniek plazme. Podmienky plazmy a parametre procesu v zariadení: atmosférický tlak vzduchu; výkon 0,9 J.s⁻¹; napätie 230 V; medzielektrodová vzdialenosť 2,5 cm; energia elektrónov 125 keV; frekvencia 2000 Hz; expozičný čas 3-4 min.

5.6 Gigac, J., Fišerová, M., Hegyi, S., Kováč, M., Opálená, E.: Elektromagnetické vlastnosti tlačných antén a technológia prípravy pasívnych UHF RFID tagov. Priebežná výskumná správa VS 3299/2022, str. 1-53, VÚPC Bratislava (VTEI VÚPC).

5.6 Gigac, J., Fišerová, M., Kováč, M., Opálená, E.: Návrh technologickej linky prípravy pasívnych UHF RFID tagov a hodnotenie ich komunikačnej kvality na rôznych podkladových materiáloch. Záverečná výskumná správa VS 3301/2023, str. 1-48, VÚPC Bratislava (VTEI VÚPC).

6.4 Počet vytvorených partnerstiev: 4

6.4 Ústav materiálov a mechaniky strojov SAV, Bratislava - spolupráca pri hodnotení povrchovej porozity papiera (2020).

6.4 FEI STU Bratislava - spolupráca pri hodnotení elektromagnetických vlastností tlačných UHF RFID antén (2020).

6.4 V roku 2022 bolo vytvorené partnerstvo s FEI STU v Bratislave v oblasti spájania tlačných antén s integrovanými obvody čipov pre vytváranie inteligentných papierových etikiet.

6.4 FCHPT STU Bratislava - spolupráca pri úprave povrchov papierov a skladačkových lepeniek plazmou pred tlačou UHF RFID antén (2022).

Uplatnenie výsledkov projektu

Priemyselná využiteľnosť patentovej prihlášky vynálezu PP-1052022 "Spôsob bezdotykového merania drsnosti povrchu" a úžitkového vzoru UV-99531-2022 "Hladené natierané lepenky a kartóny pre tlačnú elektroniku, spôsob ich prípravy a použitia" je pri výrobe recyklovateľných tlačových substrátov s optimálnymi funkčnými vlastnosťami.

Vynález spadá do oblasti počítačového videnia, umelej inteligencie, strojárskoho, drevospracujúceho a papierenského priemyslu, bezpečnosti a sterilizácie infekčných agensov ultrafialovým žiarením. Úžitkový vzor spadá do oblasti úpravy povrchu tlačových substrátov s cieľom znižovania ich hmotnosti. V rámci projektu boli overené 4 technológie:

1. Technológia výroby termotransferových a inkjetových papierov pre tlač elektroniky a elektronických komponentov.

2. Technológia termotransferovej tlače na plazmou upravených povrchoch hladených papierov a skladačkových lepeniek určených najmä na obaly.

3. Technológia tlače RFID antén horúcou razbou s termotransferovými páskami Metallograph na PET filme, papieroch a skladačkových lepenkách v doskovom raziacom stroji.

4. Technológia výroby RFID tagov.

Výsledky projektu majú uplatnenie pri výrobe papiera a skladačkovej lepenky pre tlačnú elektroniku a sú využiteľné pre papierenské a tlačiarenské podniky ako aj ďalšie spoločnosti, ktoré sa zaoberajú výrobou a používaním inteligentných obalov a etikiet ako aj zavádzaním systémov pasívnej rádiových frekvenčnej identifikácie (RFID) tovarov.

Výsledky je možné použiť pri príprave nových projektov zameraných na realizáciu výroby inteligentných obalov na Slovensku. Inteligentné balenie poskytuje aktuálne údaje v reálnom čase, ktoré umožňujú identifikovať a sledovať objekty a komunikáciu so spotrebiteľmi. Jeho výhodou je zlepšenie presnosti zásob, zníženie stavu zásob, zrážok a prírážok, autentifikácia produktu, ktorá zabraňuje stratám a falšovaniu ako aj zníženie manuálnej práce, nákladov a chýb v dôsledku nepresností a neefektívnosti.

V rámci projektu bola navrhnutá pilotná linka priemyselnej výroby RFID etikiet a inteligentných obalov, ktorá je zložená z technologických procesov A, B a C.

A. Proces výroby RFID antén z kotúča alebo z hárku. Pre výrobu papierových RFID etikiet sa navrhli tri tlačové technológie (termotransferová tlač, rotačná horúca razba alebo inkjetová tlač). Prostredníctvom navrhnutých zariadení pre tlač RFID antén technológiou rotačnej horúcej razby sa dosiahne výrazne nižšia uhlíková stopa v porovnaní s inkjet technológiou. Pre priamu výrobu inteligentných lepenkových obalov bola navrhnutá technológia horúcej razby RFID antén v stroji s rotačným alebo doskovým raziacim lisom.

B. Proces pripájania integrovaných obvodov čipov k RFID anténam.

C. Proces konverzie a personalizácie RFID tagov.

Pilotná výrobná linka je využiteľná v prevádzkach spoločností Eco-pack a.s., Prešov, printhouse s.r.o., Bobot, Grafolab a.s., Skalica alebo Mondi SCP a.s., Ružomberok. Uplatnenie tohto výstupu do praxe si vyžaduje dlhšiu dobu a silnú podporu.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Najvýznamnejšími výsledkami riešenia projektu sú overené technológie výroby termotransferových a inkjetových papierov pre tlač elektroniky a elektrických komponentov; termotransferovej tlače na plazmou upravených povrchoch papierov a skladačkových lepeniek; tlače RFID antén horúcou razbou s vodivými Metallograph páskami v raziacom stroji s doskovým lisom ako aj technológie výroby UHF RFID tagov. Ďalšími dôležitými výsledkami sú úžitkový vzor "Hladené natierané lepenky a kartóny pre tlačенú elektroniku, spôsob ich prípravy a použitia" s cieľom znižovania hmotnosti papierových obalov ako aj patentová prihláška vynálezu "Spôsob bezdotykového merania drsnosti povrchu", ktorá spadá do oblasti počítačového videnia, umelej inteligencie, strojárskoho, drevospracujúceho a papierenského priemyslu, bezpečnosti a sterilizácie infekčných agensov ultrafialovým žiarením. Hladenie skladačkovej lepenky horúcou razbou v porovnaní s kalandrovaním, umožňuje dosiahnuť 3 - 8 krát menší pokles tuhosti v ohybe pri rovnakej drsnosti povrchu. Naplnenie cieľov projektu potvrdzuje tiež návrh pilotnej linky priemyselnej výroby RFID etikiet a inteligentných papierových obalov, ktorá je zložená z technologických procesov výroby antén, pripájania čipov k anténam, konverzie a personalizácie RFID tagov. Pre výrobu RFID antén na papieroch a kartónoch z kotúča sa navrhli tri tlačové technológie (termotransferová tlač, rotačná horúca razba alebo inkjetová tlač). Pre priamu výrobu inteligentných lepenkových obalov bola navrhnutá technológia horúcej razby RFID antén v strojoch s valcovým alebo doskovým raziacim lisom.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The most significant results of the project solution are proven technologies for the production of thermal transfer and inkjet papers for printing electronics and electrical components; thermal transfer printing on plasma-treated surfaces of paper and paperboard; printing of RFID antennas by hot stamping with conductive Metallograph ribbon in a hot stamping machine with a plate press, as well as technologies for the production of UHF RFID tags. Other important results are the utility model "Smooth coated paperboard and cardboard for printed electronics, the method of their preparation and use" with the aim of reducing the weight of paper packaging, as well as the patent application for the invention "Method for non-contact measurement of surface roughness", which falls into the field of computer vision, artificial intelligence, engineering, woodworking and paper industries, safety and sterilization of infectious agents by ultraviolet radiation. Smoothing paperboard by hot stamping, compared to calendering, makes it possible to achieve a 3-8 times smaller decrease in bending stiffness with the same surface roughness. The fulfillment of the project's goals is also confirmed by the design of the pilot line for the industrial production of RFID labels and smart paper packaging, which consists of the technological processes of manufacturing antennas, connecting chips to antennas, converting and personalizing RFID tags. Three printing technologies (thermal transfer printing, rotary hot stamping or inkjet printing) were proposed for the production of RFID antennas on paper and paperboard from a roll. For the direct production of smart paperboard packaging, the technology of hot stamping of RFID antennas in machines with cylindrical or plate stamping press was proposed.