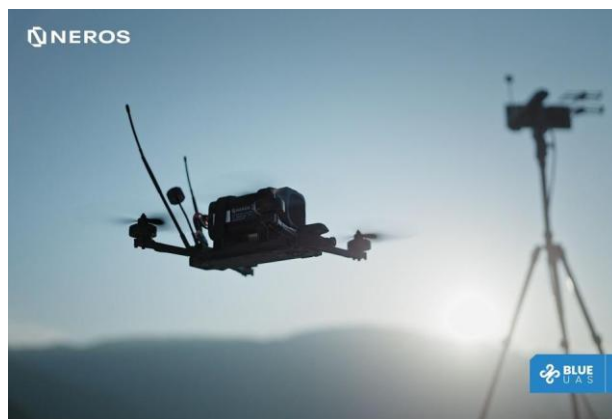


ԱՐՏԱԴՐՈՒԹՅՈՒՆ ՄԱՐՏԱԿԱՆ ԱՌԱՋԱԴՐԱՆՔՆԵՐԻ ՀԱՄԱՐ. ԻՆՉ Է ՀԱՐԿԱՎՈՐ ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅԱՆԸ ՏԵԽՆԻԿԱ ՍՏԵՂԾԵԼՈՒ ՀԱՄԱՐ
ՊՆ մատակարարման համար (Blue UAS-Approved FPV Drone) ԱԹՍ-համակարգերի պաշտպանական նորարարությունների բաժնի Neros-ի հաստատված ծրագրի շրջանակներում ճանապարհը դեպի առաջին FPV դրոն

ՄԵԳԳԻ ԳՐԵՅ ԵՎ ԳԼԵԲ ՇԵՎՉՈՒԿ 10 ԱՊՐԻԼԻ, 2025թ.

https://maggiegray.us/p/manufacturing-for-the-mission-what?utm_source=substack&utm_medium=email

Արտադրությունը ԱՄՆ վերադարձելը այժմ մոդայիկ է: Ապրիլին Թրամփի վարչակազմը հայտարարեց մի շարք «պատասխան սակագներ»-ի ներդրման մասին (հետաձգվել էր 90 օրով), որոնք մասամբ կոչված են խթանելու արտադրության վերադարձը Միացյալ Նահանգներ: Այսօր ամերիկյան պաշտպանական-արդյունաբերական բազան (DIB-ՊԱԲ) և արդյունաբերության այլ կարևոր ճյուղերը չափազանց կախված են հումքից, կոմպլեկտավորող բաղադրիչներից և այլ արդյունաբերական ապրանքներից, որոնք ներմուծվում են Չինաստանի Ժողովրդական Հանրապետությունից (ՉԺՀ) և այլ օտարերկրյա պետություններից, ինչը ԱՄՆ-ին խոցելի է դարձնում ապագա հակամարտության ընթացքում մատակարարման խափանումների նկատմամբ: (ԱՄՆ մատակարարման շղթայի խոցելիությունների մանրամասն վերանայման համար, մասնավորապես՝ Չինաստանի և Ռուսաստանի հետ կապված, տե՛ս ԱՄՆ մատակարարման շղթայի US Supply Chain Vulnerabilities” report-ը, որը հրապարակվել է ԱՄՆ-Չինաստան տնտեսական անվտանգության վերանայման հանձնաժողովի կողմից:)

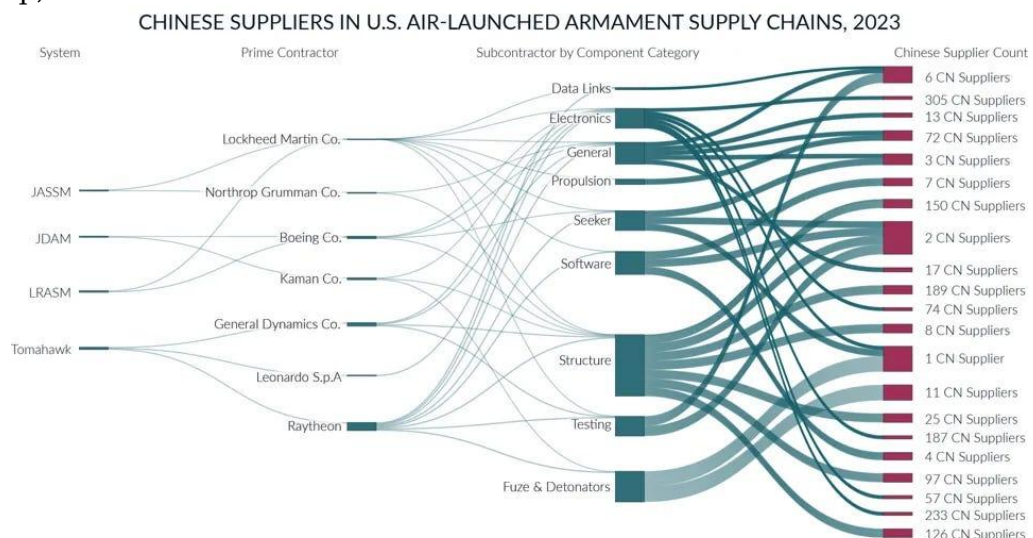


Կարծում եմ, որ այժմ կատարյալ պահին է՝ հասկանալու, թե ինչ է պահանջվում ԱՄՆ-ում կիրտիկական կարևոր համակարգեր արտադրելու համար, և թե ինչ է նշանակում ստեղծել և իրականացնել ապարատային սարքավորումներ ազգային անվտանգության խնդիրների համար: Ինչպես ծրագրային ապահովման դեպքում, պաշտպանության նախարարությանը (ՊՆ) սարքավորումների մատակարարումը շատ ավելի բարդ է, քան առևտրային աշխարհում: Ես խնդրեցի Գլեբ Շևչուկին՝ ամերիկյան FPV անօդաչու թռչող սարքեր արտադրող Neros ստարտափի ինժեներ, դառնալ այս հոդվածի հմահեղինակ, որպեսզի պատմենք, *թե ինչ է պահանջվում* ԱՄՆ ՊՆ-ի կարիքների համար ամերիկյան արտադրության տեխնիկա մշակելու դեպքում: Ընդամենը 18 ամսվա ընթացքում Neros-ը նախագծել, արտադրել և ներդրել է Blue UAS ցուցակի միակ FPV անօդաչու թռչող սարքը, և այժմ ամսական հազարավոր անօդաչու թռչող սարքեր է ուղարկում ակտիվ հակամարտությունների գոտի:

Մատակարարման և արտադրության շղթայի ներկա վիճակը ԱՄՆ-ում

Ինչպես ավելի վաղ գրել էի, լիովին արդարացի չէր լինի ասել, որ ԱՄՆ-ն այլևս ոչինչ չի արտադրում: Իրականում, Միացյալ Նահանգներն այսօր ավելի շատ արտադրանք է տալիս, քան նախագլոբալացման դարաշրջանի ցանկացած ժամանակ: Այնուամենայնիվ, ճիշտ է նաև, որ այսօր շատ ավելի քիչ ամերիկացիներ են աշխատում արտադրության ոլորտում, ինչը այն դարձնում է շատ ավելի քիչ տեսանելի միջին ամերիկացու համար: Ավելին, արտադրությունն այսօր ԱՄՆ ՀՆԱ-ում շատ ավելի փոքր մասնաբաժին է կազմում, քան անցյալում, և չնայած ԱՄՆ-ն դեռևս աշխարհի երկրորդ խոշորագույն արտադրողն է, այն վերահսկում է ընդհանուր արտադրության շատ ավելի փոքր մասնաբաժին, քան նախկինում:

Այնուամենայնիվ, կասկած չկա, որ ԱՄՆ մատակարարման շղթաները չափազանց մեծ կախվածություն ունեն այնպիսի երկրներից, ինչպիսիք են ՉԺՀ-ն: ՊԱԲ-ի շատ ստորաբաժանումներ ապավինում են մատակարարման շղթաներին, որոնք խոցելի են ՉԺՀ-ում, ինչը սպառնալիք է ԱՄՆ ազգային անվտանգության համար: Govini-ի հաշվետվությունում ընդգծվում է, որ ԱՄՆ-ի շատ ռազմական համակարգեր հիմնված են ՉԺՀ-ի միկրոէլեկտրոնիկայի վրա, իսկ մեկ այլ հաշվետվությունում ասվում է, որ ««Չինաստանը զինամթերքում և հրթիռներում օգտագործվող մի շարք հատուկ քիմիական նյութերի միակ մատակարարն է: ԱՄՆ-ի ռազմական համակարգերը հիմնված են ՉԺՀ-ի միկրոէլեկտրոնիկայի վրա»: Շատ դեպքերում փոխարինման համար այլ աղբյուր կամ պահեստային նյութ չկա, և նույնիսկ այն դեպքերում, երբ այդ հնարավորությունը գոյություն ունենա, նոր նյութի փորձարկման և հավաստագրման ժամանակն ու ծախսերը կարող են արգելող լինել, հատկապես ավելի մեծ համակարգերի համար (որոնցից յուրաքանչյուրն արժե հարյուր միլիոնավոր դոլարներ)»:



Աղբյուրը. «Numbers Matter: Defense Acquisition, US Production Capacity, and Deterring China,» Govini

Ստաբիլիտետի համայնքը կտրուկ գիտակցեց ԱՄՆ-ի ՊԱԲ-ի մատակարարման շղթայի խոցելիությունը 2024-ի վերջին, երբ Չինաստանի կառավարությունը պատժամիջոցներ կիրառեց անօդաչու թռչող սարքերի ամերիկյան արտադրող Skydio-ի դեմ՝ արգելելով Skydio-ին գնել անհրաժեշտ չինական արտադրության մարտկոցներ: Skydio-ն գնահատել է, որ կենսունակ այլընտրանքային էներգիայի աղբյուր գտնելու համար կպահանջվի ավելի քան կես տարի:

Անօդաչու ավիացիոն համակարգերը (ԱԱՀ) և այլ «Բարձր ճշգրտության զանգվածային տեղեկատվության միջոցները» կդառնան ապագայի մարտական գործողությունների վարման կարևորագույն տեխնոլոգիաներ: Այսօր ՉԺՀ-ն առաջատար դիրքեր է զբաղեցնում ինչպես ԱԹՍ-ների մշակման, այնպես էլ անօդաչու թռչող սարքերի առանցքային բաղադրիչների արտադրության մեջ: Չինական DJI ընկերությունը գերակշռում է FPV համակարգերի շուկայում՝ զբաղեցնելով անօդաչու թռչող սարքերի համաշխարհային շուկայի մոտ 70%-ը, և նույնիսկ ոչ չինական անօդաչու արտադրողները ապավինում են չինական բաղադրիչներին: Ուկրաինացի ռազմական պաշտոնյաներից մեկը ենթադրել է, որ Ուկրաինան գնում է DJI Mavic-ի բոլոր քվադրոկոպտերների մինչև 60% - ը: Գրեթե անհնար է անօդաչու թռչող սարքերի համար որոշակի բաղադրիչներ ձեռք բերել, ինչպիսիք են շարժիչները, ոչ չինական աղբյուրներից, ինչը ամերիկյան անօդաչու սարքերի մատակարարման շղթաներն աներևակայելի խոցելի է դարձնում Չինաստանի առևտրային քաղաքականության համար:

Իհարկե, Պաշտպանության նախարարությունը տեղյակ է անօդաչու թռչող սարքերի մատակարարման շղթաների հետ կապված մարտահրավերների մասին: Ազգային պաշտպանության լիազորման մասին օրենքը (NDAA) պահանջում է, որ անօդաչու թռչող սարքերի ընկերությունները իրենց մատակարարման շղթաներից հեռացնեն որոշակի չինական բաղադրիչներ, որպեսզի պահպանեն ՊՆ հետ կնքված պայմանագրերի իրավունքը: Պաշտպանության նորարարությունների ստորաբաժանումը (DIU) կազմում է ստուգված ԱԹՍ առևտրային հարթակների ցանկը (Blue UAS list), որոնք համապատասխանում են Պաշտպանության նախարարության կիբերանվտանգության, մատակարարման շղթայի և գործառնական չափանիշներին: Անվտանգ և պաշտպանված փոքր անօդաչու թռչող սարքերի համակարգերի, դրոնների, ներդրումը արագացնելու համար նախատեսված Blue UAS ցուցակում ընդգրկված անօդաչու սարքերը ձեռք բերելու կամ շահագործելու համար կարիք չկա Պաշտպանության նախարարության քաղաքականությունից բացառելու, քանի որ դրանք արդեն անցել են կիբերանվտանգության գնահատումը, NDAA համապատասխանության վերանայումը և ստացել են անհրաժեշտ վարչարարական փաստաթղթեր:

Ընկերության համար հեշտ չէ ընդգրկվել ստուգված առևտրային հարթակների ցանկում, քանզի այնտեղ ընդգրկվելու ամենաբարդ պահանջներից մեկը առնչված է մատակարարման շղթաների հետ: Մասնավորապես, Blue UAS-ի ցանկում ընդգրկված անօդաչու թռչող սարքերը չպետք է ներառեն Չինաստանում, Ռուսաստանում, Իրանում կամ Հյուսիսային Կորեայում արտադրված հետևյալ կարևոր բաղադրիչները՝ թռիչքի հսկիչներ, ռադիոկապի համակարգեր, տվյալների փոխանցման սարքեր, տեսախցիկներ, կախոցներ, ցամաքային կառավարման համակարգեր, օպերացիոն ծրագրային ապահովում, ցանցային կապ և տվյալների պահպանում: Այս պահին Blue UAS-ի ցանկում ներառված են տասը ընկերություններ: Neros-ը արտադրում է Blue UAS ցանկում ընդգրկված միակ FPV անօդաչու թռչող սարքը Archer-ը, որը տասն անգամ ավելի էժան է, քան ցանկի հաջորդ ամենաեժան տարբերակը:

Այսպիսով, ի՞նչ է իրականում անհրաժեշտ մարտադաշտում գործելու համար BlueUAS-ի կողմից հավաստագրված անօդաչու թռչող սարք կառուցելու համար: Ի՞նչ է պահանջվում համապատասխան մատակարարման շղթա ստեղծելու, համակարգը հակամարտության գոտում օգտագործելու համար կատարելագործելու և ՊՆ չափանիշներին համապատասխանող արտադրանք մշակելու համար: Այս

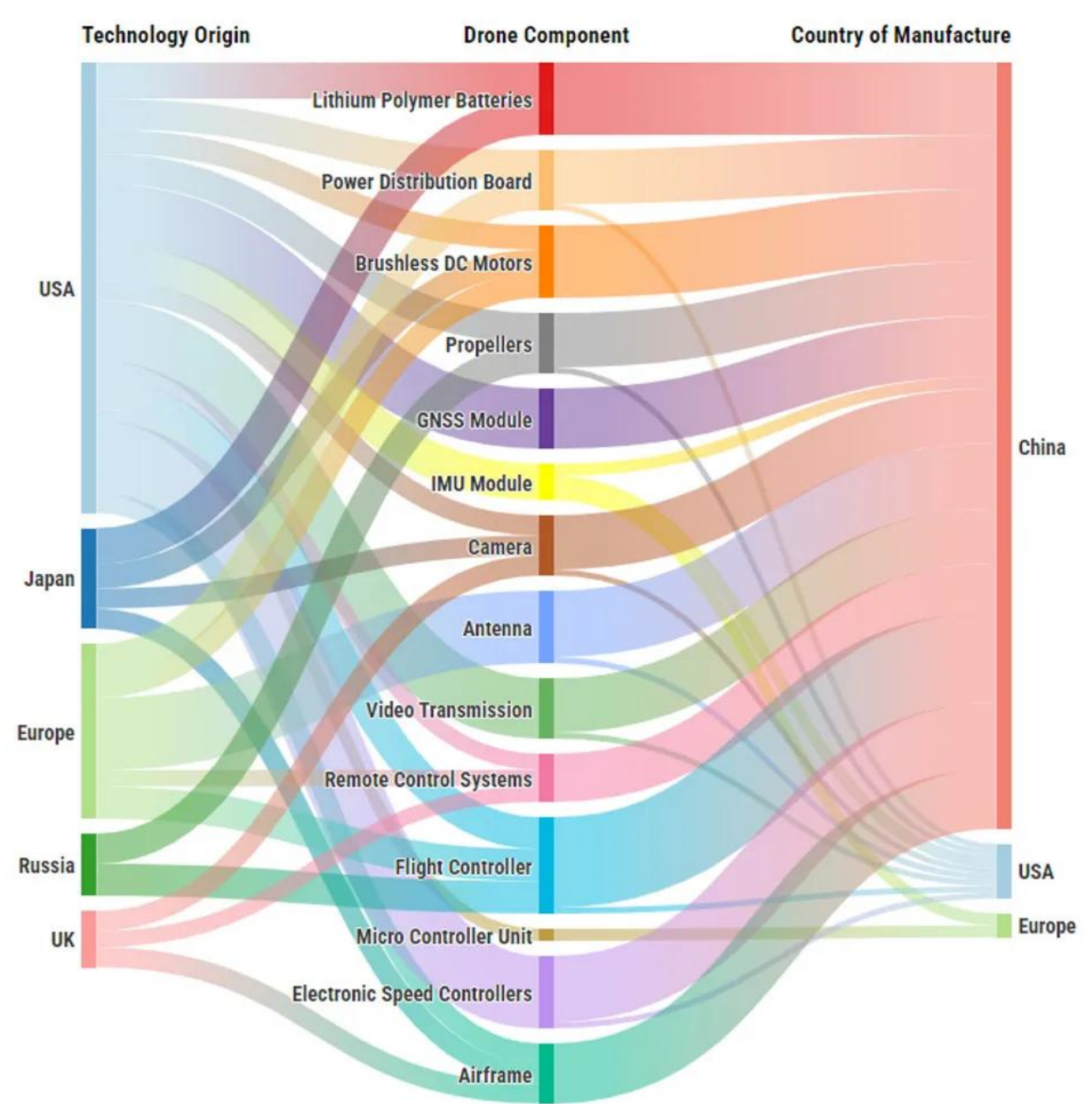
հողվածում մենք կանդրադառնանք Neros-ի կողմից ստուգված առևտրային հարթակի կարգավիճակում գրանցվելու գործընթացին, և թե ինչպես է Neros-ը 1) կազմակերպել իր մատակարարման շղթան և 2) կատարելագործել ու փորձարկել իր համակարգերը:

Մատակարարման շղթա և բաղադրիչների ընտրություն

Դրոնն ունի ձեր հեռախոսի նման շատ բաղադրիչներ: Ինչպես հեռախոսը, այն ունի համակարգիչ, ռադիո և օգտագործողի միջերես (интерфейс): Չնայած դրոնն ունի պտուտակներ, դուք հավանաբար կարող եք նրանով խաղալ Doom: Այնուամենայնիվ, ի տարբերություն հեռախոսի, այն նաև պետք է արտադրի մինչև տասը կիլովատ էներգիա, անցնի տասնյակ մոդուլներ և գոյատևի մարտի պայմաններում: Դա հնարավոր դարձնելու համար մենք օգտագործում ենք տասնյակ բարդ էլեկտրամեխանիկական հանգույցներ և կառուցում ենք մատակարարման շղթա, որին աջակցելու համար հսկայական աշխատանք է պահանջվում:

Վերջին տասնութ ամիսների ընթացքում Neros-ը մոտ յոթ անգամ արդիականացրել է մեր անօդաչու թռչող սարքերը և չորս անգամ արդիականացրել ցամաքից կառավող համակարգը, ինչը նշանակում է, որ մենք ստիպված ենք եղել այս գործընթացը կրկնել բազմաթիվ անգամներ:

Մոտավորապես առաջին ամսվա ընթացքում Neros-ը, ինչպես աշխարհի այլ FPV դրոններ, սկսեցին օգտագործել նախապես պատրաստված բաղադրատարրեր, որոնցից շատերը պատրաստված էին էժան և մատչելի չինական էլեկտրոնիկայի հիման վրա: Միևնույն ժամանակ ակնհայտ դարձավ, որ եթե մենք ուզում ենք համապատասխանել ազգային պաշտպանության լիազորությունների մասին օրենքի չափանիշներին, ապա ստիպված ենք հրաժարվել չինական արտադրության բաղադրատարրերի մեծ մասից և ամեն ինչ սկսել զրոյից: Մատակարարման շղթայի վերաբերյալ օրենքի պահանջները հիմնականում վերաբերում են այնպիսի կարևոր էլեկտրոնիկային, ինչպիսիք են միկրոհսկիչները, ռադիո չիպերը և այլ ժամանակակից ինտեգրալային շղթաները: Եվ, ցավոք, դրանց ճնշող մեծամասնությունը, որոնք օգտագործվում են առևտրային անօդաչու թռչող սարքերի ոլորտում, ներառյալ այնպիսի հայտնի բաղադրատարրեր, ինչպիսիք են ExpressLRS ռադիոկայանները, պատրաստված են չինական չիպերով: ESP32 չիպերը, օրինակ, հատկապես տարածված են FPV ոլորտում, քանի որ դրանք էժան են և հագեցած են ներկառուցված Wi-Fi և Bluetooth գործառնություններով, բայց արտադրվում են բացառապես Չինաստանում:



See Fiona Murray and Edlyn Levin's MIT Tech Review piece on [“How the US and its allies can rebuild economic security”](#)

Եթե երկու տարի առաջ ինձ ասեիք, որ մենք նախագծելու ենք անհատական ռադիոկայաններ, շարժիչի կարգավորիչներ, թռիչքների կառավարման համակարգեր, ալեհավաքներ, ես ձեզ խելագար կանվանեի: Բայց դա միակ լուծումն էր: Մենք ստիպված էինք ամեն ինչ զրոյից նախագծել: Մենք գտանք որոշ բաղադրատարրերի (շարժիչներ, մեխանիկական մասեր և այլն) մատակարարներ Չինաստանից դուրս, իսկ մի շարք համակարգեր վերամշակեցինք մեր սեփական ուժերով: Յուրաքանչյուր բլոկի թարմացումը սկսեցինք իրականացնել անօդաչու թռչող սարքերի մի քանի բաղադրատարրերից՝ սկսած թռիչքի կառավարման մեկուսատախտակից մինչև վիդեո փոխանցման մոդուլ, և յուրաքանչյուր ենթամոդուլը կառավարելու համար մեծ ուշադրություն դարձրեցինք ոչ չինական արտադրության ինտեգրալային սխեմաների օգտագործմանը: Ինչ վերաբերում է էլեկտրոնիկային, ապա մենք այժմ արտադրում ենք մոտ յոթ միջուկային տպագիր մեկուսատախտակ և դրանք հավաքում ենք Միացյալ Նահանգներում ոչ չինական արտադրության կարևոր բաղադրատարրերից:

Հատկանշական է, որ ազգային պաշտպանության լիազորությունների մասին օրենքը և Blue UA list-ը չեն պահանջում, որ բոլոր բաղադրատարրերը մատակարարվեն Չինաստանից դուրս: Որոշ բաղադրատարրեր, ինչպիսիք են շարժիչները, գրեթե անհնար է ստանալ Չինաստանից դուրս: Ներկա պահին ԱՄՆ-ում չկա շարժիչներ արտադրող այնպիսի ընկերություններ, որոնք կապահովեն փոքր անօդաչու թռչող սարքերի համար անհրաժեշտ ծավալները: Այդ դետալները պահանջում են ճշգրիտ նախագծում, թանկ սարքավորում ու ձեռքով, կրկնվող աշխատանք: Հումքը, մասնավորապես պղնձի ոլորտները և սիլիցիումային պողպատը, որոնք անհրաժեշտ են ստատորների արտադրության համար (պտտվող համակարգի ֆիքսված մասը, որն օգտագործվում է էլեկտրական գեներատորներում, էլեկտրական շարժիչներում և այլն), նույնպես դժվար է ԱՄՆ-ում գտնել մատչելի գնով և մեզ անհրաժեշտ պայմաններով: Անօդաչու թռչող սարքեր արտադրող ամերիկյան ընկերությունների մեծ մասի համար շարժիչները շարունակում են մնալ թույլ տեղերից մեկը:

Բացի այդ, ազգային պաշտպանության լիազորությունների մասին օրենքը չի կարգավորում մեխանիկական բաղադրատարրերը, ինչպիսիք են անօդաչու թռչող սարքի հենցը: Անօդաչու թռչող սարքերի հենցներ պատրաստելու համար օգտագործվող ածխածնային մանրաթելերի շուկայում Չինաստանն է գերիշխում, քանզի ամերիկյան արտադրության ածխածնային մանրաթելը 10-20 անգամ ավելի թանկ է: Մինչդեռ ԱՄՆ-ն գերազանցում է ինքնաթիռների և հրթիռների համար ավիատիեզերական մակարդակի կոմպոզիտային նյութերի արտադրության մեջ (կոմպոզիտային նյութերի ձևավորման գործընթաց, որի արդյունքում վերջնական արտադրանքը ստացվում է որոշակի քանակությամբ տարբեր շերտերի վերադրմամբ, որոնք սովորաբար պատրաստված են շարունակական պոլիմերային կամ կերամիկական մանրաթելերից և ջերմակայուն պոլիմերային հեղուկ մատրիցից), այս փորձը այնքան էլ հարմար չէ կիրառել փոքր անօդաչու թռչող սարքեր արտադրողների կարիքները հոգալու համար: Ներկայումս չկա հատուկ խթանիչ գնել ածխածնային մանրաթել Չինաստանի սահմաններից դուրս, այն ավելի թանկ է, ցածր որակի է և սահմանափակված չի Օրենքով: Այնուամենայնիվ, ԱՄՆ-ում անօդաչու թռչող սարքերի արդյունաբերությունը կարիք ունի ցամաքային արտադրության ածխածնային մանրաթելի կամ ոչ ածխածնային մանրաթելային կառուցվածքների (ճկված թիթեղ, միաձույլ պլաստիկ և այլն) անցման: Հակառակ դեպքում ՉԺՀ-ի հետ պոտենցիալ հակամարտությունում ստիպված ենք դրոնները պատրաստել սովորաբար թից:

Ամենամեծ փոխզիջումներից մեկը, որին ստիպված էինք գնալ, մեր համակարգի արժեքի բարձրացումն էր: Երբ մենք սկսեցինք, փորձագետները, որոնց հետ մենք զրուցեցինք, համաձայնության եկան, որ ամերիկյան արտադրության անօդաչու թռչող սարքերը կարժենան մոտավորապես տասն անգամ ավելի, քան չինական արտադրության ԱԹՄ-ները (եթե հավատանք Twitter-ին, այդ ցուցանիշը կազմում էր 100-1000 անգամ): Չնայած մենք դեռ ի վիճակի չենք մրցակցել չինական գների հետ, այնուամենայնիվ մեզ հաջողվել է ներկառուցված էլեկտրոնիկայի հաշվին զգալիորեն նվազեցնել մեր համակարգի արժեքը:

Բացի այդ, դժվար էր գտնել պահեստային բաղադրատարրեր, որոնք կհամապատասխանեին մեր որակի չափանիշներին: Չինաստանի մատակարարները շարժիչների, տեսախցիկների և անօդաչու թռչող սարքերի այլ հիմնական բաղադրատարրերի ոլորտում շարունակում են իրենց կայուն դիրքերը պահպանել ոսկյա ստանդարտում: Այս բացը լրացնելու համար մենք ստիպված ենք սերտորեն համագործակցել

մատակարարների հետ և կատարել լայնածավալ փորձարկումներ՝ համեմատելով բնութագրերը, հարմարեցնելով բաղադրատարրերը և ապահովել պատշաճ արտադրողականություն:

Blue UAS ցուցակի մյուս անօդաչու թռչող սարքերի նկատմամբ Neros-ի առավելություններից մեկը այն է, որ մեր անօդաչու թռչող սարքերը շատ ավելի էժան են, քան ցուցակի մյուս անօդաչու թռչող սարքերը (գրեթե տասն անգամ, քան հաջորդ ամենաէժան տարբերակը) և արտադրվում են ավելի մեծ ծավալով, քան ամերիկյան արտադրության մյուս ԱԹՄ-ները: Այսպիսով, Neros-ը շահում է մասշտաբային էֆեկտից և մենք կարող ենք խնայել՝ պատվիրելով մեծ քանակությամբ նյութեր և բաղադրատարրեր: Եթե դուք արտադրում եք փոքր քանակությամբ ԱԹՄ-ներ, ամեն ինչ ավելի թանկ է դառնում (հատկապես պատվերով պատրաստված էլեկտրոնիկան): Առանց մասշտաբայնացման, դուք կարող եք ի վերջո վճարել 20 անգամ ավելի շատ, միայն այն պատճառով, թե ինչպես է գործարանային գնագոյացումը գործում փոքր պատվերների դեպքում: Հենց դրա հետ են բախվում շատ ստարտափներ: Neros-ում ծախսերը նվազեցնելու և ամբողջ մոտեցումը կենսունակ դարձնելու համար մենք շեշտը դրել ենք արտադրության ծավալների ավելացման վրա:

Ամրության ավելացում և փորձարկում

Դժվար է նախագծել որևէ արտադրանք, էլ չեմ ասում անօդաչու թռչող սարք, որն ունակ լինի դիմակայել ժամանակակից պատերազմի ծանր պայմաններին: MIL-SPEC-ի ամրության ստանդարտներին համապատասխանելուց մինչև ռադիոէլեկտրոնային պայքարի (ՌԷՊ) պայմաններում գոյատևելը գործընթացը ստիպում է վերանայել ամեն ինչ՝ ձեր ճարտարապետությունը, մատակարարման շղթան և նույնիսկ ձեր պատկերացումները, թե ինչպիսին պետք է լինի անօդաչու սարքը: Ապարատային համակարգերը պետք է հուսալիորեն աշխատեն նույնիսկ այն բանից հետո, երբ դրանք գործարկվեն ինքնաթիռից, անձրևի կամ ավազամրրիկի պայմաններում կամ գտնվն թշնամու ռադիոէլեկտրոնային պայքարի միջոցների ազդեցության տակ, որոնք բոլորը պահանջում են մանրակրկիտ բազմակի փորձարկումներ:

MIL-SPEC, MIL-STD և պաշտպանության նախարարության ստանդարտները սահմանում են ՊՆ կարիքների համար տեխնիկայի արտաքինը: Դրանք ստանդարտներն լայն շարք են՝ սկսած ջրամեկուսացումից և էլեկտրամագնիսական ազդեցությունից պաշտպանելուց (միջամտություն, որն ունակ է խաթարել էլեկտրոնային սարքերը, սարքավորումները և համակարգերը, որոնք օգտագործվում են կարևոր ծրագրերում) մինչև կիրառման հարմարավետության և երկարաժամկետ պահպանման ստանդարտներ: Անօդաչու սարքի համար դա կարող է նշանակել ամեն ինչ՝ սկսած IP ստանդարտին փոշու և խոնավության դիմացկունությունից մինչև հաստատում, առ այն, որ համակարգը կշարունակի գործել պահեստում տասը տարի պահելուց հետո:

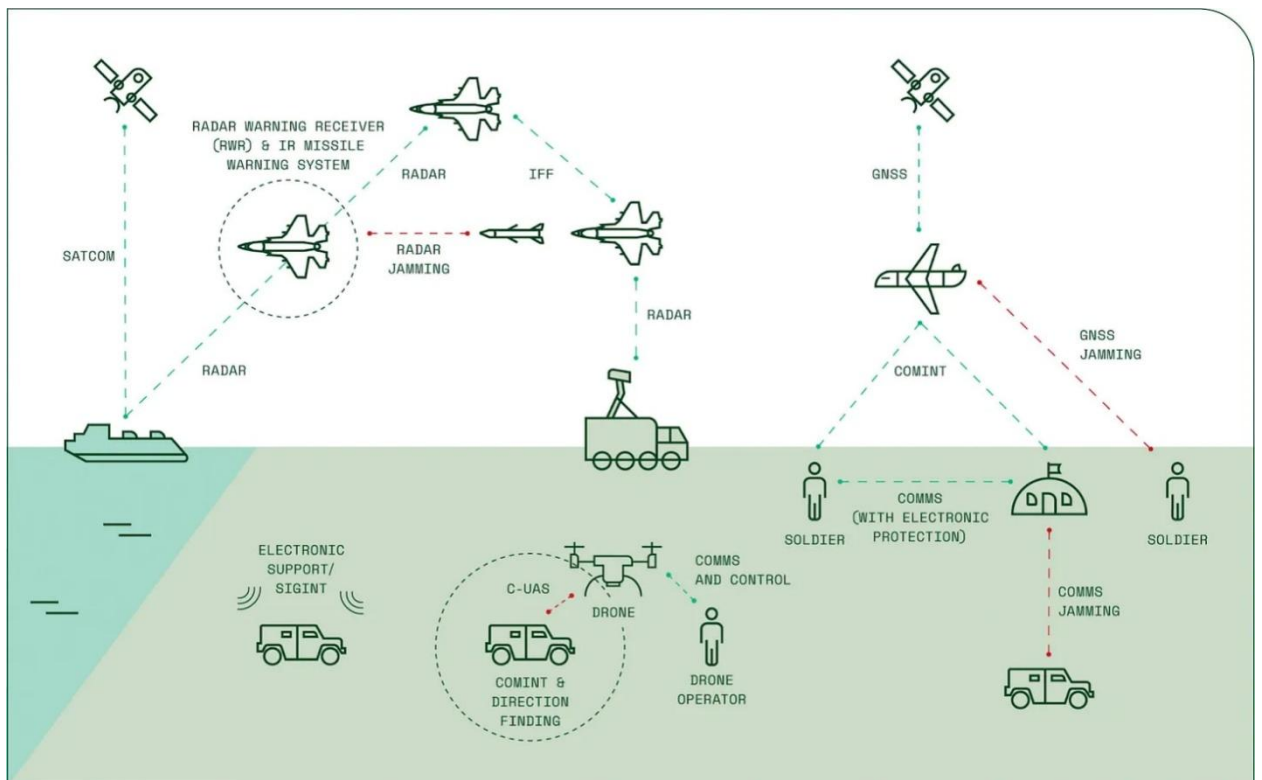
Այդ չափանիշներին համապատասխանեցելը էժան չէ: Ամրության բարձրացումը նշանակում է, որ յուրաքանչյուր ենթահամակարգ պետք է տեղադրվի անջրանցիկ, փոշուց ու ցնցումից պաշտպանված պատյանում և ենթարկվի տասնյակ փորձարկումների: Այն մեծացնում է քաշը, բարդությունը և ինքնարժեքը, ինչպես նաև պահանջում է թանկարժեք արտադրական տեխնոլոգիաների կիրառում, ինչպիսիք են ճնշման տակ աշխատող միաձույլը: Ուկրաինայում օգտագործվող անօդաչու թռչող սարքերը, որպես կանոն, չեն համապատասխանում MIL ստանդարտին և աներևակայելի պարզ են՝ ընդամենը չորս պտուտակ, մի գույգ ածխածնային թիթեղ, մի փոքր անպաշտպան էլեկտրոնիկա և զոդում: Ի տարբերություն MIL-ի

համապատասխան ամրացված համակարգերի, դրանք էժան են, թեթև և հեշտ փոխարինելի ու վերանորոգելի:

Կարևոր է նաև գիտակցել ամրության բարձրացման ավանդական ակնկալիքների և էժան, գրավիչ անօդաչու թռչող սարքերի նոր իրականության միջև առկա անհամապատասխանությունը: MIL-SPEC-ի ստանդարտները մշակվել են մի քանի միլիարդ դոլար արժողությամբ զենքի համակարգերի համար, որոնք չափազանց կարևոր են և թանկ: Ի հակադրություն, FPV անօդաչու թռչող սարքերի արժեքը 5000 դոլարից պակաս է, և դրանց ծառայության ժամկետը չի գերազանցում 10 տարին: Նրանք նույնիսկ կարիք չունեն վերադառնալ առաջադրանքից: Մտածողության այս փոփոխությունը դեռ համատարած չի տարածվել, և դա է պատճառներից մեկը, որ պաշտպանության նախարարության գնումները շարունակում են դանդաղ և թանկ լինել: Ձեռքբերման գործընթացն ուղղված է հիմնովին նոր համակարգի ստեղծմանը:

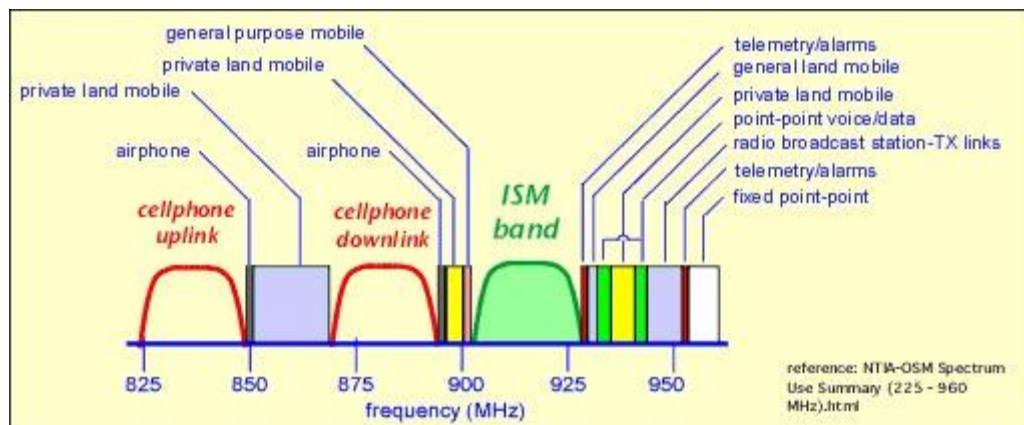
Ռադիոէլեկտրոնային պայքարի արդյունավետության բարձրացում

Ռադիոէլեկտրոնային պայքարը (ՌԷՊ) մոդայիկ բառակապակցություն է մի պարզ գաղափարի համար: Եթե ձեր հակառակորդը հեռարձակում է որոշակի հաճախակա-
նությամբ, միջամտեք նրա ազդանշանին: Դա անելու երկու հիմնական եղանակ կա՝
կամ «ավելի բարձր» հեռարձակել, կամ կեղծել դրանց հաղորդումները: Այժմ, նախքան խոսելը այն մասին, թե ինչ է պահանջվում այս տեսակի միջամտությունից ՌԷՊ համակարգի պաշտպանությունն ուժեղացնելու համար, ես կցանկանայի անդրադառ-
նալ, թե ինչպես են, այս երկու հասկացությունները իրականացվել Ուկրաինայում:



Առօրյա կյանքում մեր սարքերը տվյալները փոխանցում են կանխորոշված հաճախականություններով, որոնք կոչվում են ISM տիրույթներ (Industrial, Scientific and Medical՝ արդյունաբերական, գիտական և բժշկական): Սրանք հատուկ հաճախականություններ են, որոնք նախատեսված են այնպիսի սարքերի համար, ինչպիսիք են Wi-Fi-ը կամ Bluetooth-ը, և մեր սարքերը կարգավորվում են այնպիսի մարմինների կողմից, ինչպիսիք են Կապի դաշնային հանձնաժողովը (FCC)՝ ապա-

հովելու համար, որ դրանք չեն փոխանցում տվյալները չարտոնված հաճախականություններում: Բայց, ի վերջո, կան ընդամենը մի քանի միջակայքեր, որոնց վրա առևտրային անօդաչու թռչող սարքերը կարող են օրինականորեն հաղորդակցվել: Մարտական գոտում սա խնդիր է դառնում, քանի որ հակառակորդը կարող է հեշտությամբ ճնշել ազդանշաններն այս տիրույթներում: Հայտնի է, որ այդ պատճառով անօդաչու թռչող սարքեր արտադրող ամերիկյան այլ ընկերությունների համար դժվար է եղել աշխատել Ուկրաինայում, մինչդեռ ուկրաինացիները նորարարություններ են մտցրել ռադիոկայանների փոփոխման ոլորտում՝ այդ չօգտագործված հաճախականություններում տվյալների փոխանցման համար: Յուրաքանչյուր ապագա պատերազմ կընթանա ISM-ից բացի այլ հաճախականություններով, իսկ ԱՄՆ-ը դեռ փորձում է հասնել դրան:



Մեկ այլ կարևոր դաս, որը մենք սովորել ենք ուկրաինական փորձից, այն է, որ GPS-ը հնացած է, և դա վերաբերում է ազդանշանի մակարդակին: GPS արբանյակները իրենց բնույթով շատ հեռու են: Երբ GPS ազդանշանը հասնում է ցամաքային համակարգին, հզորությունը կազմում է մոտավորապես -130 դԲմ, ինչը շատ թույլ է երրորդ անձի համար: Այժմ, երբ դուք խլացուցիչ եք ձեռք բերում ձեր նախընտրած չինական էլեկտրոնային առևտրի առցանց խանութից (Temu-ն և Alibaba-ն վաճառում են էժան խլացուցիչներ) և սկսում եք հեռարձակել ձեր սեփական 35 դԲմ ազդանշանը, ձեր GPS ընդունիչը պետք է տարբերակի շատ թույլ արբանյակային ազդանշանը շատ ուժեղ միջամտության ազդանշանից: Դա կարող է այնքան էլ վատ չլինել, եթե խլացուցիչները մի քանի միլիոն դոլար արժողությամբ բարդ համակարգեր լինեն, ինչպես դա հիսուն տարի առաջ էր: Սակայն, այսօր դրանցից մեկը կարող եք պատրաստել հինգ դոլարից պակաս գնով: GPS-ը մահացել է, և, այնուամենայնիվ, ԱՄՆ Ձինված ուժերը դեռ մեծապես ապավինում են GPS-ի վրա հիմնված նավիգացիային:

Neros-ում մենք փորձեցինք հետևել նրան ինչ աշխատում է Ուկրաինայում, այսինքն՝ չօգտագործել ISM գոտիները և GPS նավիգացիան: Կառավարման համակարգերի (C2) առումով մենք կառուցում ենք ցածրարժեք հաճախականության թռիչքաձև ռադիոկայաններ, որոնք աշխատում են լայն հաճախականության տիրույթում: Եթե կարողանաք ավելի արագ փոխարկել, խլացուցիչների համար ավելի դժվար կլինի վերադասավորվել ձեր ազդանշանին: Եթե կարողանաք տվյալները փոխանցել ավելի լայն թողունակությամբ, նրանց համար ավելի դժվար կլինի «ձայնակոխ» անել ձեզ: Ինչ վերաբերում է GPS-ին, ապա մշակման փուլում են լուծումների մի ամբողջ շարք, սակայն առավել խոստումնալից լուծումները հիմնված են տեսողական նավիգացիայի վրա: Նրա վերջին օրինակներից մեկը Maxar - ի արտադրությունն է, և չնայած շատ

նմանատիպ համակարգեր դեռ նախատիպային փուլում են, նրանք բոլորը հետապնդում են մոտավորապես նույն գաղափարը՝ արդյունահանել արբանյակային տվյալների մի փունջ և ստեղծել ալգորիթմ, որը կհամապատասխանեցնի այն, ինչ տեսնում է անօդաչու տեսախցիկը, այն տեսնում է արբանյակը: Այս տեխնոլոգիան հիմնալի է դրոնը հայտնաբերելու համար, երբ դուք դեռ վերահսկում եք այն, բայց, վերջին հաշվով, որքան հեռու է անօդաչու թռչող սարքը օպերատորից և որքան շատ խոչընդոտներ կան ճանապարհին, այնքան ավելի հեշտ է թշնամու համար ճնշել ձեր համակարգը:

Ընդհանուր առմամբ, ՌԷՊ սարքավորումների կայունությունը ստուգելու լավագույն միջոցը, ցավոք, ամենաակնհայտն է. դրանք տեղակայել իրական մարտական պայմաններում: Մենք դաշտային փորձարկումներ ենք անցկացրել Ուկրաինայում և շահագործման այլ վայրերում: Բայց ԱՄՆ-ում դուք չեք կարող օրինական ճանապարհով փորձարկել միջամտության ճնշման հնարավորությունները կառավարության կողմից թույլատրված փորձարկման կենտրոններից դուրս, որոնց հասանելիությունը կարող է տևել մի քանի ամիս:

Սա շրջանցելու համար մենք մոդելավորում ենք միջամտությունը՝ հաղորդիչները մալուխների միջոցով անմիջապես միացնելով ընդունիչներին և միջամտությունը ուղղակիորեն ներարկելով ազդանշանային շղթայի մեջ: Սա մեզ թույլ է տալիս մոդելավորել փաթեթների կորուստը, ստուգել ազդանշանի վատթարացումը և գնահատել, թե որքանով լավ են մեր համակարգերը վերականգնվում՝ առանց ռադիո-հաճախականության ճառագայթման եթեր արձակելու: Այն կատարյալ չէ, բայց ավելի լավ է, քան ոչինչ: Միմուլյատորները նաև օգտակար են ինքնուրույն ծրագրային ապահովումը փորձարկելու համար, բայց, վերջիվերջո, ոչինչ չի կարող համեմատվել իրական փորձարկման հետ: Երբ խոսքը վերաբերում է էլեկտրոնային պատերազմին, միայն իրական փորձն է ճշմարտությունն ասում:

Ինտեգրացիա և մոդուլայնություն

ՊՆ-ի համար ապարատային համակարգեր ստեղծելիս կարևոր է նաև ապահովել, որ ձեր համակարգերը համատեղելի լինեն ուրիշների հետ: Օրինակ, Neros-ում մենք համոզվեցինք, որ մեր ռադիոկայանները և թռիչքների կարգասարքերը կարող են օգտագործել նույն արձանագրությունը, ինչ մյուս համակարգերը: Մենք նաև ինտեգրվել ենք ATAK-ի՝ կառավարական ստանդարտ Android-ի մարտավարական պլատֆորմին:

Բացի այդ, Պաշտպանության նախարարությունը պահանջում է, որ սարքավորումները մշակվեն մոդուլային բաց համակարգերի ճարտարապետության (MOSA) սկզբունքներով: MOSA-ի նպատակն է բարելավել գործառնական համատեղելիությունը, արագացնել նորարարությունը և կրճատել ծախսերը՝ տարբեր արտադրողների բաղադրատարրերը «միացրու և աշխատիր» եղանակով ինտեգրելու միջոցով, վերացնելով մատակարարի կախվածությունը և ժամանակի ընթացքում ավելի հեշտ դարձնելով համակարգերի արդիականացումը: Եվ Neros-ը մեր համակարգը նախագծել է այնպես, որ ունենա հեշտությամբ փոխարինվող և թարմացվող մարտկոցներ, ռադիոընդունիչներ և օգտակար բեռներ:

Եզրակացություն

ՊՆ-ի համար սարքավորումներ ստեղծելու ամենամեծ պրոբլեմներից մեկը ռազմի դաշտում սարքավորումների առջև ծառացած հսկայական մարտահրավերներն են: Դուք կարող եք կատարել 50 թռիչք և դեռ չնկատել կրիտիկական ձախողումը: Ահա թե

ինչու մենք սովորեցինք անընդհատ փորձարկել և սկսել պարզից: Ստեղծեք հիմնական համակարգ, որը կլուծի ձեր հաճախորդի ամենախնդրահարույց հարցերը, ապա բարդացրեք այն:

Այժմ Neros-ն իրականացնում է մեր մատակարարած յուրաքանչյուր անօդաչու թռչող սարքի թռիչքային փորձարկում, նախքան այն դուրս կգա գործարանից: Հուսալիությունն ու կատարումը ապահովելու համար յուրաքանչյուր ամիս կատարում ենք ավելի քան հազար թռիչքային փորձարկում: Նախկինում մենք լիովին չէինք գնահատում որակի ապահովման այս մակարդակը: Մենք փորձարկումներն իրականացնում էինք հետևողականորեն, բայց ոչ այնքան ինտենսիվությամբ, որքան հիմա: Մինչ օրս մատակարարվել են հազարավոր անօդաչու թռչող սարքեր, և մենք հասկացել ենք, որ խոսքը ոչ միայն նախատիպերի ստեղծման մասին է, այլև լայնածավալ նախագծման և արտադրության համակարգերի իրականում դաշտային պայմաններում աշխատելու ապահովման մասին է:

Ամենօրյա թեստավորման այս հաճախականությունը մեր դրոնների բարձր հուսալիության պատճառներից մեկն է, հատկապես համեմատած որոշ չինական ԱԹՄ-ների, որոնց ձախողման մակարդակը կարող է հասնել 30-40% - ի: Դրանք ստեղծվում են զանգվածային մասշտաբով, երբ անօդաչու թռչող սարքերը արձակվում են մեծ ծավալներով, և առաջացող փոքր խնդիրները կարող են արագ բազմապատկվել:

Տեխնիկական տեսանկյունից, պաշտպանության նախարարության պատվիրատուների համար այս անօդաչու թռչող սարքերի ստեղծման ամենադժվար մասը ժամանակն ու բարդությունն է: Մեր ամբողջ համակարգի համար (մեր անօդաչու թռչող սարքերը և ցամաքային կայանները) մենք ստեղծել ենք տասներկուապատիկ տարբեր տպագրող մեկուսատախտակ, որոնցից յուրաքանչյուրն ունի իր սեփական ծրագրակազմը, որը պահանջում է թեստերի և ինտեգրման առանձին հավաքածու: Դա հսկայական քայլ է առաջ: Բայց դա միակ միջոցն է ստեղծելու մի բան, որը ոչ միայն համապատասխանում է ազգային պաշտպանության լիազորության մասին օրենքի պահանջներին, այլև բավականաչափ լավ է աշխատում, որպեսզի այն լայնորեն օգտագործվի:

Սկզբում մեր թիմը լիովին չէր հասկանում, թե ինչպես է աշխատում արտադրական կոնվեյերը: Բայց հիմա, մեկուկես տարի անց, մենք մեծ ծավալով արտադրանք ենք թողարկում, ինչը պահանջում է ներդրումներ կատարել արտադրանքի կյանքի ցիկլի կառավարման (PLM), արտադրության կառավարման համակարգի (MES) և մատակարարման շղթայի այլ գործիքների մեջ ամենավաղ փուլում: Այս համակարգերը օգնում են մեզ պահպանել մեր արտադրության կայունությունն ու մասշտաբայնությունը, չնայած որ մենք աճում ենք որպես թիմ և բարդացնում արտադրանքը:

Ի տարբերություն կենցաղային էլեկտրոնիկայի, մենք չունենք հարյուր հազարավոր սպառողներ, որոնք կարող են օգնել մեզ հայտնաբերել սխալները: Մենք ունենք մի քանի հաճախորդներ, ովքեր կատարում են կարևոր առաջադրանքներ: Երբ ինչ-որ բան կոտրվում է, դա ոչ միայն անհարմարություն է, այլ նույնիսկ կյանքի և մահվան հարց: Այսպիսով, մենք ստեղծել ենք արագ արձագանքման մշակույթ: Մենք պատրաստ ենք ինքնաթիռ նստել, դիզայնի հրատապ փոփոխություններ կատարել կամ համակարգերը փոխարինել մեկ գիշերվա ընթացքում:

Այլ ստարտափներ, որոնք ցանկանում են սարքավորումներ ստեղծել ՊՆ հաճախորդների համար, պետք է հնարավորինս շուտ զբաղվեն մատակարարման շղթայի սահմանափակումներով և համակարգի պահանջների խստացմամբ, որոնք

պահանջում են իրենց հաճախորդները: Իհարկե, ստարտափները նախնական նախատիպեր ստեղծելիս պարտադիր չէ, որ համապատասխանեն պաշտպանության նախարարության բոլոր խիստ պահանջներին, բայց նրանք պետք է հասկանան, թե ինչպես են ՊՆ-ի եզակի մատակարարման շղթան և համակարգի անվտանգության պահանջները ազդելու իրենց համակարգերի արժեքի, կատարողականի և արտադրողականության վրա, հաշվի առնել այդ սահմանափակումները վաղ արտադրանքի մշակման ժամանակ և սկսել համակարգերի ու մատակարարման շղթաների ամրապնդման գործընթացը վաղ փուլում: Բացի այդ, շատ կարևոր է, որ ստարտափները փորձարկեն իրենց համակարգերը հնարավորինս հաճախ և հնարավորինս իրատեսական՝ համոզվելու համար, որ համակարգերն իսկապես բավարարում են մարտական գործողությունների մասնակիցների կարիքները: Մենք դեռ վաղ փուլում ենք, և եթե այս բլոգի ընթերցողներից որևէ մեկը ցանկանա կիսվել իր փորձով, մենք երախտապարտ կլինենք:

Ամերիկյան արտադրության պաշտպանական սարքավորումներ ստեղծելը դժվար է, բայց ոչ անհնար: Մինչ ԱՄՆ-ը ձգտում է ամրապնդել իր արտադրական հզորությունը և նվազեցնել կախվածությունը մրցակցային մատակարարման շղթաներից, Neros-ի նման ընկերությունները ցույց են տալիս, որ դա հնարավոր է ճիշտ մոտեցմամբ, հրատապությամբ և հին պատկերացումները վերանայելու պատրաստակամությամբ: Դեռ երկար ճանապարհ կա անցնելու, բայց ծրագիրը վերջապես սկսում է ուրվագծվել: