

doi: 10.32620/oikit.2019.84.06

УДК 629.735.33:658.524

С. А. Бичков, О. Д. Донець, В. Г. Читак

Особливості серійного виробництва регіональних пасажирських літаків Ан-148 та Ан-158

Державне підприємство «АНТОНОВ»

Наведено основні результати і особливості впровадження в серійне виробництво сімейства регіональних пасажирських літаків Ан-148/Ан-158. Проведений комплекс робіт дозволив за результатами аудитів Авіаційного реєстру Міждержавного авіаційного комітету та Державної Авіаційної служби України отримати схвалення на запуск літаків у серійне виробництво, котре здійснюється відповідно до вимог «Керівництва 21.2С щодо сертифікації й нагляду за виробництвом авіаційної техніки», «Керівництва 21.2D процедури сертифікації й контролю за виробництвом виробів цивільної авіаційної техніки», стандартів ISO9001-2009 і EN9100 «Системи менеджменту якості. Вимоги». Функціонування системи якості постійно контролюється шляхом проведення внутрішніх перевірок.

Для запуску у серійне виробництво літаків Ан-148-100/158: виконано технологічну підготовку виробництва для близько 65 000 деталей, вузлів і агрегатів; спроектовано й виготовлено більше 19 300 найменувань спеціального технологічного оснащення та інструментів; розроблено понад 75 000 комплектів робочої технологічної документації на процеси виготовлення, складання, контролю та випробувань деталей, вузлів, агрегатів і систем літаків; відпрацьовані, удосконалені й впроваджені нові технологічні процеси в заготівельно-штампувальному, механоскладальному, агрегатно-складальному виробництвах; випробуваний і впроваджений у виробництво прогресивний металообробний інструмент; виконано роботи щодо відновлення працездатності та модернізації технологічного устаткування; відпрацьовані й впроваджені нові технологічні процеси виготовлення деталей і вузлів на верстатах із числовим програмним керуванням; відпрацьовані й впроваджені складні у виробництві й нові технологічні процеси виготовлення виробів із композиційних і неметалічних матеріалів, виробів ковальсько-штампувального, ливарного й термічного виробництва; освоєно й впроваджено нове обладнання й технологічні процеси зварювання; створена й у цей час розвивається інформаційна інфраструктура підприємства; розроблена й функціонує інтегрована автоматизована система керування виробництвом (АСК), що оснований на виконанні основного обсягу обчислювальних робіт на центральній обчислювальній машині з можливістю підключення користувачів до перегляду даних; організовані автоматизовані робочі місця на базі персональних ЕОМ; організовані й проведені заходи щодо набору й навчання персоналу.

Ключові слова: регіональний пасажирський літак, серійне виробництво, устаткування, складання, верстак, стапель, технологічний процес.

Серійне виробництво літаків Ан-148-100 в Україні було розпочато в 2007 році на «Київському державному авіаційному заводі «АВІАНТ», що в 2010 році ввійшов до складу ДП «АНТОНОВ» і перейменований у Філію ДП «АНТОНОВ» «Серійний завод «АНТОНОВ» (рисунок 1).

Підготовка до серійного виробництва і серійне виробництво літаків Ан-158 були розпочаті в 2010 році в Філії ДП «АНТОНОВ» «Серійний завод АНТОНОВ».

У серійному виробництві літаків беруть участь понад 214 фірм із 15 країн світу. Постачальниками основних агрегатів літака є Відкрите акціонерне товариство «Воронезьке акціонерне літакобудівне товариство» з Російської Федерації, Харківське державне авіаційне виробниче підприємство, Дніпропетровський «Південний машинобудівний завод». Постачальником

двигунів є Запорізьке Акціонерне товариство «Мотор-Січ». Поставки матеріалів і комплектуючих виробів в основному здійснюють підприємства й фірми України, Російської Федерації, Німеччини, Франції, Великобританії, Сполучених Штатів Америки.



Рисунок 1 – Цех остаточного складання на ДП «АНТОНОВ»
(«Серійний завод АНТОНОВ»)

Організація серійного виробництва літака Ан-148-100 та Ан-158 у Філії ДП «АНТОНОВ» «Серійний завод «АНТОНОВ»

1. У ході постановки на виробництво літака Ан-148-100 отримано від Розробника й після проведення конструкторського й технологічного опрацювання видано у виробництво більше 20 500 комплектів документів. Повний комплект документації містив документацію на паперових носіях, повний комплект тривимірних електронних моделей майстер-геометрії й комплект тривимірних електронних моделей частини деталей і агрегатів. Електронні моделі були розроблені й отримані в системі CADD5-5.

2. Для скорочення циклу й розподілу витрат на підготовку виробництва при запуску нового типу літака була організована широка кооперація щодо агрегатів планера літака.

Виробництво основних агрегатів було розподілено між підприємствами в такий спосіб:

- носову й середню частини фюзеляжу й консольні частини крила виготовляють у Києві;
- каркас ліхтаря й застосування кабіни пілотів, хвостову частину фюзеляжу, двері, хвостове оперення, агрегати механізації крила й систем керування нею, пілони й мотогондולי виготовляють у Воронежі;
- центроплан виготовляють у Харкові;
- стояки шасі виготовляють у Дніпрі.

Для точного розподілу робіт між підприємствами-кооперантами і організації взаємних поставок складових частин планера літака по кооперації були розроблені, погоджені й затверджені більше 30 Технічних умов на поставку агрегатів, вузлів і деталей.

3. Планер літака Ан-158 відрізняється від планера літака Ан-148-100 подовженою на 1 700 мм середньою частиною фюзеляжу, зміненою хвостовою частиною фюзеляжу, посиленою центральною частиною крила та наявністю кінцевої аеродинамічної поверхні на консольних частинах крила. Частина систем літака була замінена, зокрема, паливно-вимірювальна система СУИТ-148 російського виробництва була замінена на ТИС-158 українського виробництва.

4. На відміну від схеми кооперації щодо літака Ан-148-100 виробництво фюзеляжу (рисунок 2), кіля та стабілізатора для літаків Ан-158 цілком виконується Філією ДП «АНТОНОВ» «Серійний завод «АНТОНОВ», що дозволило зменшити залежність від постачальників, скоротити цикл і зменшити вартість літака.



Рисунок 2 – Стапель складання та стикування агрегатів фюзеляжу

Технологічна підготовка виробництва

1. При запуску в серійне виробництво літака Ан-148-100 була виконана технологічна підготовка виробництва для близько 65 000 деталей, вузлів і агрегатів.

Визначено норми витрати матеріалів на 52 620 деталей, для виготовлення яких застосовані 5 682 найменування матеріалів. У зв'язку із застосуванням великої кількості нових матеріалів проведені роботи з розширення довідників-шифраторів матеріалів, довідника стандартних виробів з одночасним застосуванням їх для роботи в мережі ETHERNET.

2. Забезпечення серійного виробництва літака Ан-148-100 технологічним

оснащенням потребувало напруженої роботи технологічних служб і цехів підготовки виробництва.

Усього було спроектовано й виготовлено більше 19 300 найменувань спеціального технологічного оснащення та інструментів. Трудомісткість робіт із забезпечення оснащенням становила близько 1 250 000 нормо-годин. Було розроблено більше 75 000 комплектів робочої технологічної документації на процеси виготовлення, збирання, контролю та випробувань деталей, вузлів, агрегатів і систем літаків.

3. При запуску в серійне виробництво літака Ан-158 було виконано додаткову технологічну підготовку виробництва для близько 12 314 деталей, вузлів і агрегатів, було спроектовано й виготовлено більше 72 648 найменувань спеціального технологічного оснащення та інструментів. Трудомісткість робіт із забезпечення оснащенням становила близько 2 270 998 нормо-годин.

Відпрацювання та впровадження технологічних процесів

Заготівельно-штампувальне виробництво

Відпрацьовані, удосконалені й впроваджені нові технологічні процеси, у тому числі:

- виготовлення профільних заготовок стрингерів та ободів шпангоутів із листа методом обмеженого вигину;
- виготовлення елементів тонкостінного зварюваного високоресурсного трубопроводу з титанових і алюмінієвих сплавів, у тому числі вирішення проблем виготовлення типових елементів трубопроводу типу «коліно» і «трійник», а також калібрування закінчень елементів трубопроводів під зварювання;
- відпрацювання й впровадження технологічних процесів виготовлення трубопроводів з АМг2М із шумозахисними перегородками;
- багатоперехідні процеси виготовлення гермозаглушок кесонної частини крила (більше 44 найменувань);
- технологія штампування й доведення спеціальних підсікань глибиною 4,0 та 5,0 мм;
- процеси виготовлення складних деталей крила та баків методами глибокої витяжки на пресі QAB-31.5;
- процеси виготовлення трубопроводів із полімерних композиційних матеріалів;
- процеси виготовлення балок і стійок із вуглестрічки УОЛ-300-2А;
- процеси обсадки труб нових типорозмірів;
- процеси виготовлення нової номенклатури металофторопластових втулок згідно із ОСТ 1 10289-78.

Впроваджено високопродуктивний верстат із програмним керуванням HANG WANG FL-3015 для високоточного розкрою листових заготовок за допомогою промислового лазера (рисунок 3).

Після закінчення дослідницьких робіт це встаткування дозволило істотно зменшити припуски на розкрій листових заготовок, підвищити точність їхнього виготовлення, а також виготовляти частку деталей літака без наступного оброблення. Зараз цей верстат застосовують для виготовлення малонавантажених деталей літака та шаблонів, що істотно зменшило цикл і трудомісткість.



Рисунок 3 – Дільниця лазерного розкрою матеріалів

Механоскладальне виробництво

У період запуску в серійне виробництво літаків Ан-148-100, Ан-158 було випробувано та впроваджено прогресивний покупний інструмент фірм Guhring, UFP, Sandvik Coromant: фрези, борфрези, свердла, мітчики із твердих сплавів і швидкорізальних сталей для оброблення різанням високоміцних, корозійностійких сталей і титанових сплавів, що забезпечують високу продуктивність праці, високі якість і точність оброблюваних деталей. Проведено випробування й впроваджені в серійне виробництво нові види змащувально-охолоджувальної рідини при механічній обробці різанням, що істотно підвищило стійкість інструмента й дозволило застосувати швидкісні режими оброблення.

Виконано роботи щодо відновлення працездатності та модернізації технологічного устаткування: капітально відремонтовано 530 верстатів, модернізовано 160 фрезерних верстатів шляхом заміни застарілих систем числового програмного керування (ЧПК) на сучасні. Придбано й впроваджено нове металорізальне обладнання:

- токарні верстати моделі CA564C200Ф10 (2 шт.) і CA564C150Ф10 (9 шт.), прецизійний токарний верстат з автоматичною системою керування циклами E50 фірми «WEILER»;
- високошвидкісні верстати зі стрічковою пилою фірми "Behringer" (2 шт.);
- верстат зі стрічковою пилою фірми "Behringer" для розкрою заготовок по прямій лінії з плит розмірами 1600×4000×400 мм;
- верстат з ЧПК гідроабразивного різання «Idroline 2040» фірми «CMS» для фігурного розкрою заготовок із плит 2000×4000×250 мм;
- високоточні універсально-фрезерні верстати моделі FSS450NS.01 (10 шт.), моделі OMM67 (6 шт.);

- 5-координатні вертикально-фрезерні верстати DMU-60, DMU-80, DMU-100 Blok Mono (3 шт), DMU-100 Blok Duo і верстат MCFV-1060 зі стійкою Haidenhaim, включені в загальну мережу (рисунок 4);



Рисунок 4 – Дільниця 5-координатних фрезерних станків

- 5-координатний фрезерний верстат із числовим програмним керуванням для виготовлення деталей типу стрингера та пояс лонжерона довжиною до 12 000 мм (рисунок 5);
- зубодовбальні верстати 5M161 (2 шт.);
- електроерозійний прецизійний заглибний дротяно-вирізний верстат із лінійними сервоприводами AQ537LLP33W;
- установка для безабразивної ультразвукової фінішної обробки (БУФО), напівавтоматичний універсальний шліфувальний верстат Omicron-3620, шліфувальний верстат SIEFLEX-500;
- 5-координатний шліфувально-заточувальний верстат Norma фірми «SCHNEEBERGER».

Для оперативного контролю деталей складної конфігурації придбана контрольно-вимірювальна машина («рука») Romer Arm – 2030 Sigma.

Відпрацьовані й впроваджені нові технологічні процеси виготовлення деталей і вузлів:

- виготовлення панелей КЧК;
- попереднє складання панелей крила із підгонкою сполучень обшивок між собою, зі стрингерами, поясами лонжеронів і профілями рознімань;
- виготовлення гарячевисадних болтів з накочуванням різьблення після термообробки;
- виготовлення високоточних заклепок АНУ0314;



Рисунок 5 – Фрезерний верстат із ЧПК для виготовлення довгомірних деталей крила

- бар'єрне зміцнення отворів у стрингерах консольної частини крила (КЧК) для перетікання палива;
- фінішна обробка деталей з нержавіючих сталей самоустановлювальною головкою з алмазними брусками для одержання шорсткості 0,1;
- виготовлення зубчастих секторів системи керування передкрилками з виконанням операцій зубообробки до та після старіння;
- виготовлення механізмів переміщення закрилків із титанових сплавів, у тому числі шліфування по молібденовому покриттю на контурно-шліфувальному верстаті;
- виготовлення, складання і обкатування механізмів переміщення передкрилків з перевіркою плями контакту на спеціально спроектованому та виготовленому технологічному оснащенні;
- виготовлення деталей з напилюванням Бр010 (БРА-7) на підшарі ВКНА;
- фінішна обробка деталей шасі до та після хромування;
- виготовлення гвинтів М3 із напівкруглою головкою й хрестоподібним шліцом №1.

Впровадження програмної обробки деталей

Для забезпечення виготовлення деталей літаків Ан-148-100, Ан-158 на верстатах із числовим програмним керуванням були проведені роботи:

- освоєна методика розроблення керуючих програм (КП) і розроблення технологічних процесів у CAD/CAM-системах Pro/ENGINEER і ГеММА-9.5, освоєні модулі IMSverify 3-Axis Verification (верифікація оброблення з видаленням матеріалу по CL файлах для 3-координатних верстатів),

IMSverify Upgrade to 5-Axis Verification (розширення верифікації до п'яти осей), IMSverify Machine Simulation (симуляція оброблення КП на моделі верстата), що дозволяє підвищити якість КП, зокрема, при 5-осьовому обробленні деталей;

- розроблено близько 31 365 КП для виготовлення 2 390 найменувань деталей;
- відновлені, модернізовані й введені в експлуатацію більше 150 верстатів зі ЧПК, у тому числі: FCQV зі стійкою Siemens 802D, CAM5, РФП-6 зі стійкою NC-230, MA655 зі стійкою Siemens 802D і Нейрон, ВФ-11 зі стійками NC-210, NC-220, 2ФП-131 зі стійками S8600 і Siemens 840;
- на стійках верстатів із ЧПК замінені застарілі системи зчитування інформації на сучасні контролери й ІМПи, що дозволило відмовитися від фізичних носіїв інформації (перфострічок і магнітних стрічок); практично всі верстати підключені до єдиної заводської мережі ADNC;
- розроблено і впроваджено єдиний електронний архів керуючих програм (ЕАКП), що дозволило значно скоротити час на запис/перезапис і передачу КП цехам-споживачам.

Виробництво виробів із композиційних і неметалічних матеріалів

Для забезпечення вимог до процесів виготовлення агрегатів із ПКМ на основі вуглематеріалів виконано глибоку модернізацію автоклава 1-28-80 20-4 і установок для просочення тканин УПСТ-300 і УПСТ-1000 у цеху 90. Відпрацьовані й впроваджені складні у виробництві й нові технологічні процеси та процеси виготовлення виробів:

- виготовлення балок підлоги з вуглематеріалів ЕЛУР-ПА та УОЛ-300-2А;
- виготовлення панелей із ПКМ носових, хвостових частин і закінців крила;
- виготовлення великогабаритних панелей із ПКМ: обтічників шасі, стулок шасі та зализів крила з попереднім складанням панелей ОШ із кришками люків;
- виготовлення радіопрозорого носового обтічника із приклеююю антен і шин захисту від блискавки;
- виготовлення скла ілюмінаторів пасажирської кабіни;
- виготовлення панелей підлоги пасажирської кабіни з відпрацьовуванням конструкції й матеріалів, що клеять, для забезпечення міцності.

Освоєні процеси і організована і обладнана діляниця з виготовлення підшипників ковзання з покриттям «ОРГАЛОН».

Освоєні процеси, організована і обладнана діляниця з виготовлення елементів інтер'єру, в тому числі щитків пасажирів, методом формування листових термопластів типу «Європлекс» з використанням нової вакуум-формуальної машини фірми «GEISS».

Виконано глибоку модернізацію парового автоклава ВКР-20/60, що дозволило скоротити цикли виготовлення слоїстих конструкцій за рахунок спеціалізації і розвантаження існуючого обладнання.

Металургійне виробництво

Відпрацьовані й впроваджені складні у виробництві й нові технологічні процеси й процеси виготовлення виробів ковальсько-штампувального, ливарного й термічного виробництва:

- штампування на КГШП сплаву ВКС-170;

- висадження болтів із ВНС-5Ш на ГKM-400;
- розкрій прутків під кування й штампування на пилці «BERINGER»;
- контроль приладом ОБЕНТРМ1-УР температури при виготовленні виливків;
- процес сушіння компонентів лиття й оснащення в новій печі для прокалювання СДВ;
- процес виготовлення на 3D-принтері ливарного оснащення на основі гіпсу;
- процес зонального індукційного віджигу (ЗІВ) поперечних кільцевих зварених швів титанового трубопроводу;
- загартування сталі 30ХГСА в модернізованій вакуумній електропечі СЭВ-5.5/11,5;
- процес газового азотування при контролі витрати аміаку по ротаметру;
- процес нанесення титанового й титаново-нікелевого покриття методом конденсації з іонним бомбардуванням в установці ННВ 6.6И1;
- процеси термообробки деталей з високоміцної мартенситностаріючої сталі 03Н18Д08М5Т-ВД (ВКС-170ВД);
- процеси газового азотування гвинтів підйомників закрилків.

Виконано капітальний ремонт і модернізацію семи печей для термічної обробки деталей.

Освоєно й впроваджені нове обладнання й технологічні процеси зварювання:

- джерела живлення постійного струму для зварювання нержавіючих і титанових сплавів Fronius Trans Tig 2600, для аргонодугового зварювання електродом, що не плавиться, на змінному й постійному струмі СЭЛМА УДГУ-351, для зварювання алюмінієвих сплавів Fronius Magic Wave 3000;
- зварювальна головки відкритого типу MU IV 104 із системою керування Fronius FPA2000 і закритого типу MW65, MW115 із системою керування Fronius FPA2020 для автоматичного зварювання тонкостінного трубопроводу з нержавіючих сталей і титанових сплавів;
- машини контактного точкового зварювання МТ1917, МТ 2023, МТ 2024;
- процес зварювання кільцевих поворотних і неповоротних стиків трубопроводів із титанових сплавів з товщиною стінки 0,6 мм;
- процес зварювання тонкостінних трубопроводів з алюмінієвих сплавів складних перетинів із введенням у режим зварювання додаткових параметрів: баланс і частота струму.

Освоєно й впроваджено нове обладнання й технологічні процеси нанесення лакофарбових покриттів:

- лакофарбове устаткування фірми «Кремлин» для безповітряного розпилення лакофарбових матеріалів при фарбуванні літаків;
- процеси фарбування зовнішньої поверхні літака поліуретановими лакофарбовими матеріалами фірми Акзонобель;
- процеси фарбування інтер'єра лакофарбовими матеріалами Alexit.

Освоєно й впроваджено нове обладнання й технологічні процеси гальвано-хімічного виробництва (рисунок 6):

- введені в експлуатацію після ремонту лінії хромування, міднення, олов'янування, хлористо-амонійного кадмування, покриття сплавом «олово-вісмут»;

- введені в експлуатацію нові гальванічні лінії оброблення титанових сплавів, хімічної пасивації нержавіючих сталей, попередньої підготовки деталей до нанесення покриттів.



Рисунок 6 – Дільниця гальванічних покриттів деталей літака

Для проведення контролю в Центральній заводській лабораторії придбано й впроваджено нове обладнання й процеси:

- вихорострумовий дефектоскоп ВД-33Н (для контролю тріщин);
- товщиномір УТ-31 (для виміру товщини металу у важкодоступних місцях);
- дефектоскоп УД-2-70 (для УЗК штампувань і кувань);
- товщиномір «Константа-5» (для контролю товщини лакофарбових покриттів і гальванопокриттів);
- рефрактомір «ТУРІ 20 Е» (для контролю концентрації СОЖ);
- акустичний імпедансний дефектоскоп ИД-91 (для контролю конструкцій з композиційних матеріалів).

Агрегатно-складальне й складальне виробництво

Для забезпечення серійного випуску літаків спроектований, виготовлений і впроваджений у виробництво комплект складального оснащення, що з урахуванням поставок по кооперації забезпечує випуск 12 літаків і 24 комплектів консольних частин крила в рік (рисунок 7).

Проектування технологічного оснащення виконувалося із застосуванням ЕОМ і тривимірних електронних математичних моделей літака, що дозволило забезпечити прив'язування оснащення за єдиним джерелом з мінімальним використанням еталонів і калібрів, скоротити цикл проектних робіт і зменшити трудомісткість виготовлення й монтажу оснащення. Для контролю стапелів використовують лазерний контрольно-вимірювальний комплекс, що забезпечує високу точність вимірів і можливість порівняння отриманих даних з математичною моделлю.



Рисунок 7 – Загальний вигляд стапеля складання кесонів крила

У процесі підготовки виробництва були відпрацьовані й впроваджені нові технологічні процеси:

- виконання клепаних з'єднань високоресурсними заклепками АНУ-0314, що сприяло поліпшенню герметичності відсіків літака й виключило необхідність додаткового фрезерування головок заклепок після клепа́ння;
- установка деталей на заповнювачі ВЗ-27М, що дало можливість виключити процес шабрування в сполучення деталей складної конфігурації й значно скоротило час на їхню установку.

Оснащення складання консольних частин крила виконано для сукупної програми випуску літаків у ДП «АНТОНОВ» і у ВАТ «ВАСО» і містить:

- стенди попереднього складання-комплектації верхньої та нижньої панелей крила в механоскладальному цеху 21 з виготовлення довгомірних деталей;
- один комплект стапелів для складання панелей; два комплекти стапелів для складання лонжеронів, три комплекти стапелів, уніфікованих для забезпечення загального складання кесонних частин крила літаків Ан-148 та Ан-158, стенд фрезерування площин стику консолей крила із центропланом, камера полімеризації герметика, стенд випробувань баків-кесонів паливом, три стенди для позастапельного складання й загального складання крила в цеху.

Складання хвостового оперення оснащено стапелями для загального складання кіля й консолей стабілізатора без членування на підскладання, а також стендами для позастапельного складання й оброблення площин стику. Для забезпечення випуску 12 комплектів хвостового оперення в рік заплановано зі стапелів загального складання виділити і оснастити складання лонжеронів і панелей.

Складання фюзеляжу оснащено комплектом пристосувань, стапелів і стендів для складання шпангоутів, панелей, секцій, відсіків і загального складання фюзеляжу, які забезпечують складання 12 фюзеляжів у рік. Для забезпечення складання фюзеляжу Ан-158 виготовлено новий комплект стапелів для складання уніфікованої хвостової частини фюзеляжу і виконано модернізацію існуючого комплекта стапелів для складання середніх частин і стенда стикування для можливості виготовлення фюзеляжів літаків Ан-148 і Ан-158 з незначним переналагодженням.

Для зменшення залежності від поставок по кооперації на Філії була проведена підготовка виробництва, виготовлено необхідне технологічне оснащення і освоєно виготовлення задніх дверей і кришок багажних люків для літаків Ан-148-100 і Ан-158. Продовжується і в 2014 році була виконана підготовка виробництва, виготовлення технологічного оснащення і освоєння виготовлення передніх дверей і ліхтаря кабіни пілотів для цих літаків.

Для оптимізації розподілу робіт із цеху складання фюзеляжу виділено цех попереднього складання, у якому здійснюється укомплектування фюзеляжу дверима, віконним склом, іншими навісними агрегатами й елементами систем, а також виконуються випробування на міцність і герметичність. Для забезпечення опорних умов і навантажень фюзеляжу при монтажі дверей і елементів інтер'єра виготовлені технологічні стояки шасі й вагові імітатори консолей крила із двигунами й хвостовим оперенням.

У виробництво електроскладань і джгутів були впроваджені нові види дротів, у тому числі оптоволоконні та малогабаритні, які дозволили виконати вимоги до функціонування систем із новим цифровим обладнанням.

Загальне складання-стикування планера й остаточне складання літака оснащено комплектом помостів для забезпечення доступу в зони робіт, технологічними стояками шасі та гідравлічними підйомниками. Повністю укомплектовано п'ять робочих місць, що забезпечує випуск не менше 12 літаків щорічно. Виготовлено і впроваджено нове обладнання для випробувань систем літака і комплексів бортового радіоелектронного і аеронавігаційного обладнання на сучасній елементній базі.

Впровадження інформаційних технологій

Для забезпечення високотехнологічного виробництва літаків Ан-148-100, Ан-158, розроблених із широким застосуванням цифрових технологій проектування, була створена і розвивається інформаційна інфраструктура підприємства.

Для оперативного обміну інформацією між підрозділами заводу організовані інформаційні мережі, які містять:

- створені серверні вузли й прокладені міжкорпусні магістралі на основі оптоволоконного кабелю фірми Corning з високою пропускною здатністю й внутрішньокорпусні магістралі на основі сертифікованого екранованого кабелю «кручена пара», які з'єднали основні служби й цехи основного та підготовки виробництва;
- створені мережі DNC верстатів із ЧПК у механічних цехах;
- комутуюче устаткування (комутатори або свитчі), установлене в 20 центрах комутації;
- необхідне для функціонування мереж програмне забезпечення, у тому числі сертифікована програма захисту від зовнішніх і внутрішніх атак Check point і ліцензійна програма антивірусного захисту Kaspersky Business Space Security.

У даний момент на заводі використовують кілька серверних груп:

- сервери Версія, SUN, HP на базі процесорів XEON і AMD Opteron з тактовою частотою 2-3 MHz, працюють під керуванням ОС Windows 2003 Server R2, Windows 2008 Server, Solaris 10 і виконують полі PDC, SDC, DNS, DHCP, файлового сервера;
- сервери відновлень антивірусів;
- сервери баз даних InterBase, MS SQL Server 2008;
- сервер PDM для Pro/ENGINEER, Unigraphics, AutoCAD;
- маршрутизуючий сервер, Proxy-сервер, поштовий сервер, сервер захисту від злому CheckPoint, поштовий сервер MS Exchange 2010.

На підприємстві розроблена й функціонує інтегрована автоматизована система керування виробництвом (АСК), що основана на виконанні основного обсягу обчислювальних робіт на центральній обчислювальній машині (комплекс ВК2М4602) з можливістю підключення користувачів по перегляду даних.

Для забезпечення стійкої й безперебійної роботи існуючих АСК комплекс ВК2М4602 модернізований на комплекс емуляції центрального процесора на базі ПЕВМ. Проведені роботи дозволили продовжити ресурс роботи комплексу ВК2М4602 за рахунок виведення з експлуатації накопичувачів на магнітних дисках, магнітних стрічках, що були вузьким місцем у роботі комплексу.

Для підвищення ефективності роботи організовані автоматизовані робочі місця на базі персональних ЕОМ.

У мережі Ethernet функціонують більше тридцяти автоматизованих систем, розроблених програмістами ВАСУВ у середовищах Delphi 7, Visual C++, C#, .net., що дозволяють вирішувати різноманітні прикладні завдання в цехах і відділах.

У процесі освоєння виробництва літаків Ан-148-100, Ан-158 були виконані роботи:

- встановлено й налагоджено програмне забезпечення CADD5-5, PDM, OPTEGRA, PLM Windchill, СУБД ORACLE;
- створено геометричні проекти агрегатів Ан-148 в OPTEGRA;
- відпрацьовано міжкорпусний програмний зв'язок за електронною мережею;
- відпрацьовано електронний зв'язок по мережі (до центрального сервера) робочих станцій: SUN у КБ джгутів, SUN у КБ крила й два термінали, SUN у КБ силових установок і два термінали, 8 робочих станцій HP у плазовому відділенні для роботи з CADD5-5;
- встановлено й впроваджено систему ProEngineer (Creo) для тривимірного проектування виробів і технологічного оснащення на 60 робочих місцях у підрозділах служб головного конструктора, головного технолога, головного металурга;
- встановлено й впроваджено систему автоматизованого проектування технологічних процесів «Експерт» і «Експерт-2» у цехах основного виробництва;
- встановлено й впроваджено систему АРМ штампування й АРМ лиття у відділі головного металурга;
- встановлено й впроваджено програмне забезпечення на сервер розподіленого керування верстатами з ЧПК;
- впроваджено автоматизоване креслення плазів електроджгутів по моделях розверток джгутів;

- налагоджено завантаження в заводську мережу й доступ користувачів до математичних моделей деталей і складальних одиниць літака Ан-148, одержуваних від Розроблювача.

Забезпечення матеріалами, комплектуючими виробами й складовими частинами літака, що виготовляють по кооперації

Для забезпечення своєчасних поставок матеріалів, комплектуючих виробів і складових частин виробу від великої кількості постачальників і кооперантів, у тому числі нових із країн далекого зарубіжжя, були проведені й систематично проводяться заходи й зустрічі, спрямовані на організацію взаємовигідного співробітництва.

При виході на серійне виробництво були врегульовані питання оплати й збільшені розміри партій поставки матеріалів і напівфабрикатів, що дозволило практично виключити виробничі втрати через їхню несвоєчасну поставку. Аналогічна робота ведеться з постачальниками комплектуючих виробів, однак їхня висока вартість істотно стримує прогрес у цьому напрямку.

Робота із підприємствами-кооперантами, які постачають складові частини виробу, була налагоджена в процесі запуску Ан-148-100 у серійне виробництво й дозволила скоротити строки підготовки виробництва за рахунок паралельної роботи всіх учасників виробничої кооперації.

Модернізація виробничих площ, устаткування й систем життєзабезпечення підприємства

Для організації серійного виробництва літаків Ан-148-100/Ан-158 виконані роботи із приведення до нормативних вимог параметрів виробничого середовища у виробничих цехах, у тому числі:

- виконано капітальний ремонт корпусів 8-8А, 119, термічного відділення корпусу 1 із заміною скляних вітражів сендвіч-панелями й метало-пластиковими рамами зі склопакетами, що забезпечило дотримання необхідного температурного режиму, у тому числі в цеху № 18 при складанні на герметику баків-кесонів крила;
- виконано глибоку модернізацію майстерні випробувань баків-кесонів крила паливом;
- виконано ремонт покриттів і ліхтарів на дахах виробничих корпусів.

Для безперебійного забезпечення підприємства електроенергією й зменшення витрат на оплату електроенергії:

- проведено реконструкцію осередків РУ-10 кВт;
- виконано капітальний ремонт трансформатора Т-3 ТП-1077;
- виконано монтаж АСКУЕ на ПС «Машинобудівна», РП-220, РП-263, ТП-2197, ТП-2363 з установкою приладів обліку, передачі й оброблення даних на сервер ПАО «Київенерго»;
- виконано налагодження релейного захисту й автоматики АВР на Й,ІІ,ІІІ,ІV сш. ПС «Машинобудівна», РП-220,262,263 для забезпечення безперебійного енергопостачання в аварійних ситуаціях;
- проведено модернізацію системи керування оперативним струмом з установкою ШУОТ №1 і ШУОТ №2 на підстанції «Машинобудівна»;
- виконано монтаж десяти нових автоматичних конденсаторних установок на ТП 464, 2197, 1778, 1416, 2988, 1779, 1416 заводу для компенсації реактивної потужності й зменшення плати за реактивну енергію;

- виконано заміну ламп накаливання на енергозберігаючі в системах загального висвітлення в цехах 15 і 40.

Для безперебійного забезпечення підприємства газом і зниження витрат на його придбання виконано модернізацію ГРП№1 із заміною регуляторів тиску на ЗСК відповідно до вимог нормативно-правових актів щодо промислової безпеки й охорони праці.

Для підвищення ефективності вироблення й використання теплової енергії:

- виконано модернізацію парового котла ДЕ-25 для підвищення ефективності його роботи й забезпечення можливості роботи на різних видах палива;
- виконано реконструкцію системи підігріву мазуту в мазутній ємності РВС-5000 № 1 і № 2 у котельні №2 ТК-38;
- виконано модернізацію конденсатної станції № 1 ТК-38 для зменшення втрат на подачу пари споживачам;
- виконано заміну зношених труб системи опалення ТК-5 і ТК-6 на попередньо ізольовані енергоефективні труби.

Для підвищення ефективності вироблення й використання стисненого повітря, зменшення втрат при транспортуванні, зниження енерговитрат на виробництво в центральній компресорній станції були закуплені й впроваджені місцеві компресорні станції в цехах агрегатно-складального виробництва й в інших цехах основного виробництва.

Забезпечення персоналом

У зв'язку з постановкою на виробництво нових типів літаків й гострою нестачею кваліфікованих виробничих робітників і інженерів були організовані й проведені заходи щодо набору й навчання персоналу.

У період освоєння й серійного виробництва чисельність працівників заводу була збільшена на 870 чоловік, у тому числі виробничих робочих цехів основного виробництва – на 560 чоловік і фахівців – на 169 чоловік.

Для забезпечення цехів заводу робітниками був організований прийом учнів, які навчалися робочим спеціальностям на підприємстві. Усього пройшли навчання й одержали розряди 696 робітників.

Було організовано навчання робітників і фахівців на цільових курсах з вивчення конструкції й технології виготовлення літаків Ан-148-100, Ан-158. Для освоєння нових інформаційних технологій проведено навчання фахівців роботі із системами автоматизованого проектування Expert, Pro Engineer, IPS, Компас, Астра-раскрой.

Усього пройшли навчання 3260 робітників і фахівців, у тому числі по напрямках: виробничо-технічні курси; нові технологічні процеси й матеріали; конструкція літаків Ан-148-100, Ан-158; особливо відповідальні й спеціальні технологічні процеси; нові комп'ютерні технології.

Якість

Запуск у виробництво літаків Ан-148-100 та Ан-158 здійснювався відповідно до вимог діючого на підприємстві з 2003 року «Посібника із забезпечення якості виробництва авіаційної техніки». Згодом дане керівництво періодично переглядалося й актуалізувалося відповідно до вимог «Керівництва 21.2С по сертифікації й нагляду за виробництвом авіаційної техніки», «Керівництва 21.2D процедури сертифікації й контролю за виробництвом виробів цивільної авіаційної техніки», стандартів ISO9001-2009 і EN9100

«Системи менеджменту якості. Вимоги». Функціонування системи якості постійно контролюється проведенням внутрішніх перевірок.

Виробництво літаків Ан-148-100 та Ан-158 сертифіковано Авіаційним реєстром Міждержавного авіаційного комітету (АР МАК) і Державною Авіаційною службою України. За результатами аудитів, проведених цими організаціями, отримані Свідоцтва та Сертифікати про схвалення виробництва:

- «Свідоцтво про схвалення виробництва № ОП 14-ПВС» від 07.07.2008 р.;
- «Сертифікат схвалення виробництва СВ № 0001» від 24.06.2008 р.;
- «Свідоцтво про схвалення виробництва № ОП 23-ПВС» від 25.06.2010 р.;
- «Сертифікат схвалення виробництва СВ № 0023» від 02.08.2010 р.;
- «Свідоцтво про схвалення виробництва № ОП 23-ПВС» від 24.09.2012 р.;
- «Сертифікат схвалення виробництва СВ № 0023» від 27.09.2012 р.

Основні висновки щодо організації серійного виробництва

1. Виробництво літаків схвалено Авіаційним реєстром Міждержавного авіаційного комітету (АР МАК) і Державною Авіаційною службою України. За результатами аудитів, проведених цими організаціями, отримані відповідні документи.

2. Виробництво літаків Ан-148-100 та Ан-158 здійснюється відповідно до вимог «Керівництва 21.2С по сертифікації й нагляду за виробництвом авіаційної техніки», «Керівництва 21.2D процедури сертифікації й контролю за виробництвом виробів цивільної авіаційної техніки», стандартів ISO9001-2009 і EN9100 «Системи менеджменту якості. Вимоги». Функціонування системи якості постійно контролюється проведенням внутрішніх перевірок.

3. Під час організації запуску у серійне виробництво літаків Ан-148-100/158:

- виконано технологічну підготовку виробництва для близько 65 000 деталей, вузлів і агрегатів. Визначено норми витрати матеріалів на 52620 деталей, для виготовлення яких застосовані 5 682 найменування матеріалів;
- спроектовано й виготовлено більше 19 300 найменувань спеціального технологічного оснащення та інструментів. Трудомісткість робіт із забезпечення оснащенням становила близько 1 250 000 нормо-годин;
- розроблено більше 75 000 комплектів робочої технологічної документації на процеси виготовлення, збирання, контролю та випробувань деталей, вузлів, агрегатів і систем літаків;
- під час запуску у серійне виробництво літака Ан-158 виконано додаткову технологічну підготовку виробництва для близько 12 314 деталей, вузлів і агрегатів, було спроектовано й виготовлено більше 72 648 найменувань спеціального технологічного оснащення та інструментів; трудомісткість робіт із забезпечення оснащенням становила близько 2 270 998 нормо-годин;
- відпрацьовано, удосконалено й впроваджено нові технологічні процеси в заготівельно-штампувальному, механоскладальному, агрегатно-складальному виробництвах;
- випробувано і впроваджено у виробництво прогресивний металообробний інструмент;
- виконано роботи із відновлення працездатності та модернізації технологічного устаткування: капітально відремонтовані 530 верстатів, модернізовані 160 фрезерних верстатів шляхом заміни застарілих

- систем ЧПК на сучасні;
- відпрацьовано й впроваджено нові технологічні процеси виготовлення деталей і вузлів на верстатах із числовим програмним керуванням;
 - освоєно методику розроблення керуючих програм (КП): розроблено 31 365 КП для виготовлення 2 390 найменувань деталей, впроваджене виготовлення на встаткуванні зі ЧПК близько 1 700 деталей, розроблено КП для виготовлення близько 200 найменувань технологічного оснащення;
 - відпрацьовані й впроваджені складні у виробництві й нові технологічні процеси виготовлення виробів із композиційних і неметалічних матеріалів, виробів ковальсько-штампувального, ливарного й термічного виробництва;
 - освоєно й впроваджено нове обладнання й технологічні процеси зварювання;
 - спроектовано, виготовлено і впроваджено у виробництво комплект складального оснащення, що з урахуванням поставок по кооперації забезпечує випуск 12 літаків на рік;
 - виготовлено новий комплект стапелів для складання уніфікованої хвостової частини для Ан-148/158 та виконано модернізацію існуючого комплекта стапелів для складання середніх частин фюзеляжу і стенду стикування для можливості виготовлення фюзеляжів літаків Ан-148/158 з незначним переналагодженням;
 - проведено підготовку виробництва щодо виготовлення дверей та люків, ліхтаря кабіни пілотів;
 - проектування технологічного оснащення виконували із застосуванням ЕОМ і тривимірних електронних математичних моделей літака, що дозволило забезпечити прив'язування оснащення за єдиним джерелом з мінімальним використанням еталонів і калібрів, скоротити цикл проектних робіт і зменшити трудомісткість виготовлення й монтажу оснащення. Для контролю стапелів використовують лазерний контрольно-вимірювальний комплекс, що забезпечує високу точність вимірів і можливість порівняння отриманих даних з математичною моделлю;
 - виготовлено і впроваджено нове обладнання для випробувань систем літака і комплексів бортового радіоелектронного і аеронавігаційного обладнання на сучасній елементній базі;
 - створена й у цей час розвивається інформаційна інфраструктура підприємства;
 - розроблена й функціонує інтегрована автоматизована система керування виробництвом (АСК), що основана на виконанні основного обсягу обчислювальних робіт на центральній обчислювальній машині з можливістю підключення користувачів до перегляду даних;
 - організовано автоматизовані робочі місця на базі персональних ЕОМ;
 - організовано широку кооперацію по агрегатах планера літака;
 - виконано роботи із приведення до нормативних вимог параметрів виробничого середовища у виробничих цехах.
- Організовані й проведені заходи щодо набору й навчання персоналу:
- чисельність працівників заводу була збільшена на 870 чоловік, у тому числі виробничих робочих цехів основного виробництва на 560 чоловік і фахівців на 169 чоловік;

- пройшли навчання й одержали розряди 696 учнів;
- пройшли навчання 3 260 робітників і фахівців.

Серійне виробництво сімейства регіональних літаків Ан-148-100/Ан-158 на ДП «АНТОНОВ» із застосуванням нових виробничих та інформаційних технологій створює нові робочі місця, сприяє відновленню авіаційної галузі та підвищує економічний рівень держави.

Список літератури

1. Нормы летной годности самолетов транспортной категории (АП-25). – М.: МАК, 1994. – 322 с.
2. Современные технологии авиационного машиностроения [Текст] / Коллектив авторов; под ред. А. Г. Братухина, Ю. Л. Иванова. – М.: Машиностроение, 1999. – 832 с.
3. Информационные технологии в наукоемком машиностроении: Компьютерное обеспечение промышленного бизнеса [Текст] / под ред. А. Г. Братухина. – К.: Техніка, 2001. – 728 с.
4. Технологія літакобудування: підруч. у 2 ч. Ч. 1. Типові технологічні процеси виготовлення деталей літальних апаратів [Текст] / [Кудрін А. П., Кулик М. С., Зайченко Г. М., Волянська Л. Г., Панів В. В.]; за ред. М. С. Кулика. – К.: Видав-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2009. – 368 с.
5. Крысин, В. Н. Технологическая подготовка авиационного производства [Текст] / В. Н. Крысин. – М.: Машиностроение, 1984. – 200 с.

Reference

1. Normy letnoj godnosti samoletov transportnoj kategorii (AP-25) [Part 25. Airworthiness Standards: Transport Category Airplanes]. – М.: МАК, 1994. – 322 p.
2. Sovremennye tehnologii aviastroenija [Modern aircraft technology] /. A. G. Bratuhin, Ju. L. Ivanov. – М.: Mashinostroenie, 1999. – 832 p.
3. Informacionnye tehnologii v naukoemkom mashinostroenii: Komp'juternoe obespechenie industrial'nogo biznesa [Information Technologies in High-Tech Mechanical Engineering: Computer Software for Industrial Business] / A. G. Bratuhin. – К.: Tehnika, 2001. – 728 p.
4. Texnologiya litakobuduvannya: Ty`povi texnologichni procesy` vy`gotovlennya detalej lital`ny`h aparativ. [Aircraft technology: Typical technological processes for the manufacture of aircraft parts] First part / Kudrin A. P., Kuly`k M. S., Zajvenko G. M., Volyans`ka L. G., Paniv V. V.; redaction of M. S. Kuly`k. – К.: Edition National Aerospace University «NAU-druk», 2009. – 368 p.
5. Krysin, V. N. Tehnologicheskaja podgotovka aviacionnogo proizvodstva [Technological preparation of aviation production] / V. N. Krysin. – М.: Mashinostroenie, 1984. – 200 p.

Надійшла до редакції 01.05.2019, розглянута на редколегії 06.05.2019

Features of Serial Production of Regional Passenger Airplanes An-148 and An-158

The main results and peculiarities of putting the family of regional passenger airplanes An-148/An-158 into the batch production are presented. Based on the results of audits of the Aviation Register of the Interstate Aviation Committee and the

State Aviation Service of Ukraine the complex of works that had been performed allowed to obtain approval for putting of airplanes into the batch production. The production is carried out in accordance with the requirements of «Guidelines 21.2C for the Certification and Supervision of Aircraft Production», «Guidelines 21.2D of Certification and Control Procedures over the Civil Aircraft Production», Standards ISO9001-2009 and EN9100 of «Quality Management Systems. Requirements». The functioning of the quality system is constantly monitored by internal inspections.

To put the AN-148-100/158 airplanes into the batch production: technological preparation of production for about 65 000 parts, units and assemblies has been made; more than 19 300 items of special technological equipment and tools have been designed and manufactured; more than 75 000 sets of design documentation for the processes of manufacturing, assembling, controlling and testing parts, units, assemblies and systems of airplanes have been worked out; new technological processes in the forging and stamping, mechanical assembly production, aggregate and assembly manufacturing have been completed, improved and implemented; advanced metalworking tools have been tested and implemented in the production; works on restoration of efficiency and improvement of technological equipment have been performed; new technological processes of manufacturing parts and units on numerically controlled programmable machines have been completed and implemented; complex manufacturing and new production processes of manufacturing products from composite and nonmetallic materials, forging and stamping products, foundry and thermal production have been completed and implemented; new equipment and production processes of welding have been mastered and implemented; the information infrastructure of the company has been organized and is being developed; an integrated automated production management system (ASC) has been developed. It functions based on the main data scope computation on a central computer capable to connect users to view the data; automated workplaces based on personal computers have been organized; measures on recruitment and training of the personnel have been organized and carried out.

Key words: regional passenger airplane, batch production, equipment, assembly, work bench, fixture, production process.

Відомості про авторів:

Бичков Сергій Андрійович – доктор технічних наук, професор, Технічний директор – Головний інженер ДП «АНТОНОВ», м. Київ.

Донець Олександр Дмитрович – Президент ДП «АНТОНОВ», м. Київ.

Читак Віталій Георгійович – Віце-президент з виробництва ДП «АНТОНОВ», м. Київ.