

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРОИЗВОДСТВА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ГРАЖДАНСКИХ САМОЛЕТОВ

Как показано в работе [1], к началу 80-х годов прошлого века Государственное предприятие «Антонов», отражающее состояние самолетостроения Украины, достигало своего наивысшего расцвета. С момента развала СССР и по настоящее время авиастроение Украины, несмотря на усилия ГП «Антонов», создавшего и в эти годы ряд новых воздушных судов транспортной категории Ан-140, Ан-148 с рядом модификаций, Ан-158, Ан-178, переживает глубокий кризис как следствие общегосударственного упадка машиностроительных отраслей промышленности.

Коллектив предприятия, пережив ряд структурных преобразований, продолжает двигаться в фарватере мировых тенденций развития самолетостроения, основой которых является полная автоматизация всех этапов жизненного цикла создания самолета, основанная на тотальном внедрении информационных технологий [2 – 8].

В работе [1] представлена блок-схема составляющих высокоэффективного производства отечественных транспортных самолетов, интегрально характеризующая его в целом без деления на отдельные взаимосвязанные виды. В то же время особый интерес представляет анализ эффективности именно отдельных составляющих всего производственного цикла, позволяющий сопоставить между собой их составляющие и тем самым обоснованно выделить для последующего углубленного исследования наиболее критичную составляющую по трудоемкости, вносящую максимальный вклад в себестоимость изготовления самолета. При таком подходе ряд составляющих блок-схемы не могут быть дифференцированы (например, составляющая государственной поддержки) или позволяют проводить условную частичную дифференциацию (например, составляющие кадрового обеспечения и современного менеджмента). Однако такой подход позволяет однозначно выделить один вид производства.

Реализуя такой укрупненный подход, будем исходить из того, что себестоимость, как сумма издержек производства изделия, включает в себя трудоемкость его изготовления, являясь одновременно составляющей экономической эффективности продукции. Поставленную задачу сравнительного анализа эффективности видов производства будем решать исходя из их трудоемкости как наиболее характерной категории в триаде экономическая эффективность, себестоимость, трудоемкость (рис. 1).

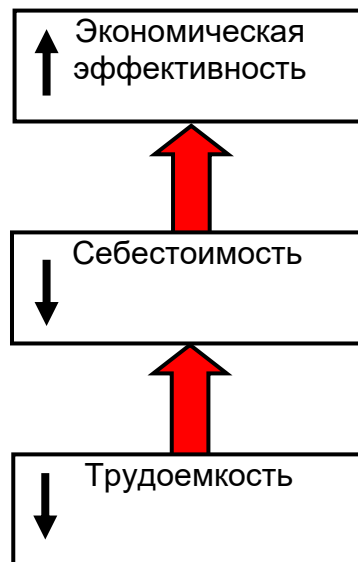


Рисунок 1 – Соподчиненность составляющих категорий экономической эффективности.

Анализ информации по технологии производства самолетов [2 –15] позволяет установить, что трудоемкость сборочных работ в общем объеме производственного цикла составляет более 50 %, существенно превышая другие виды. На рис. 2 – 5 для примера представлены диаграммы директивной трудоемкости самолета Ан-70 на ГП «Антонов» соответственно:

- подготовки производства по агрегатам (рис. 2);
- изготовления агрегатов (рис. 3);
- изготовления оснастки самолета (рис. 4);
- структуры трудоемкости по видам производства (рис. 5).

Как следует из рис. 2, трудоемкость процессов производства самолета предопределяет экономическую эффективность, составляющими которой являются, в конечном счете, его качество, надежность, ресурс, а, следовательно, и конкурентоспособность на рынке продаж и услуг.

Поэтому на всех этапах создания самолета во всем мире их производители стремились к снижению трудоемкости всех стадий создания воздушного судна всеми способами и средствами, среди которых основными и наиболее эффективными в последние годы являются перманентное расширение использования информационных компьютерных технологий [14 –16] и эффективный современный менеджмент на всех этапах жизненного цикла изделия.

Мировой опыт показывает, что только эти технологии обеспечивают в конечном итоге сохранение и дальнейшее удержание отечественного самолетостроения в рамках конкурентоспособной отрасли на международном рынке продаж и услуг.

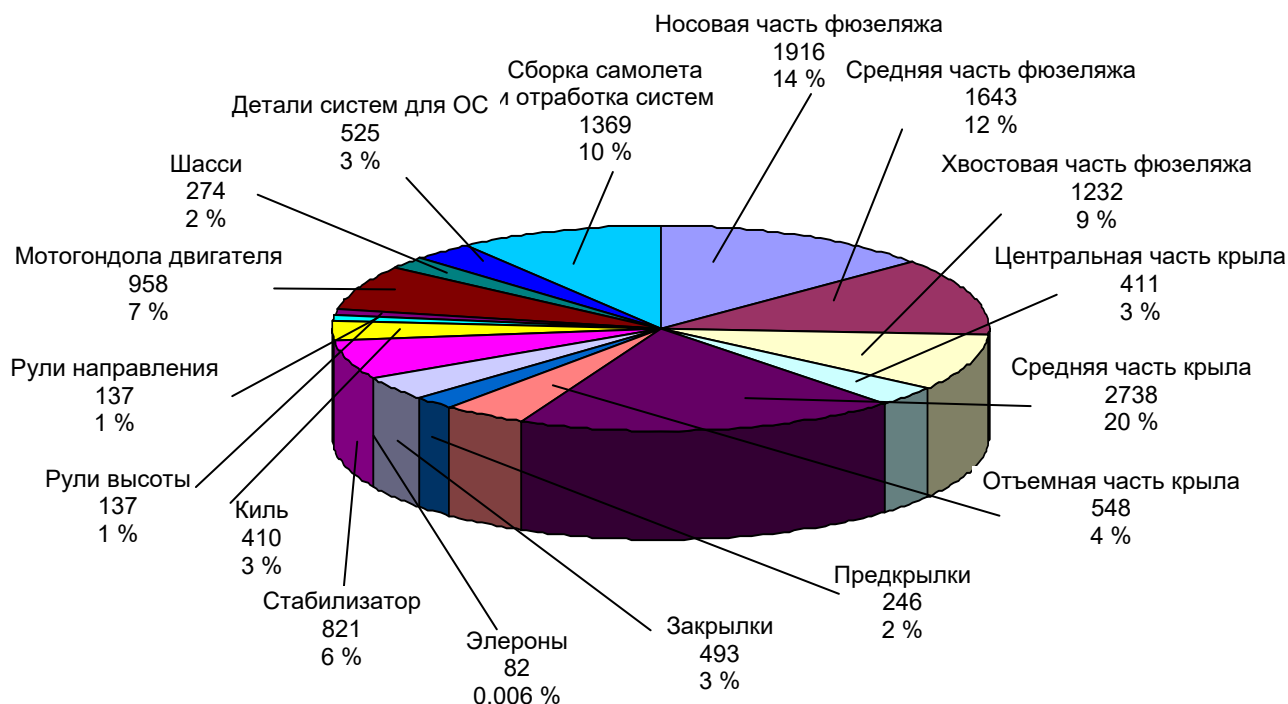


Рисунок 2 – Директивная трудоемкость подготовки производства по агрегатам самолета Ан-70 на ГП «Антонов», в тыс. чел-часах и процентах

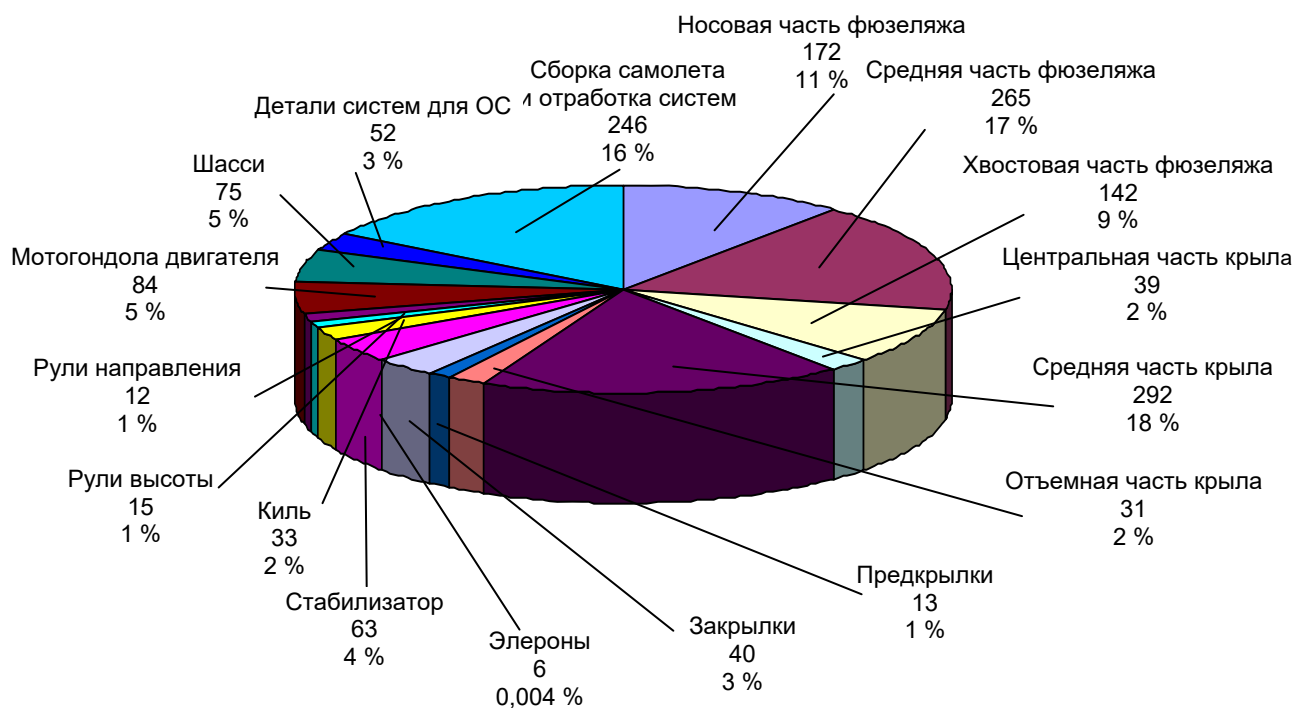


Рисунок 3 – Директивная трудоемкость изготовления агрегатов самолета Ан-70 на ГП «Антонов», в тыс. чел-часах и процентах

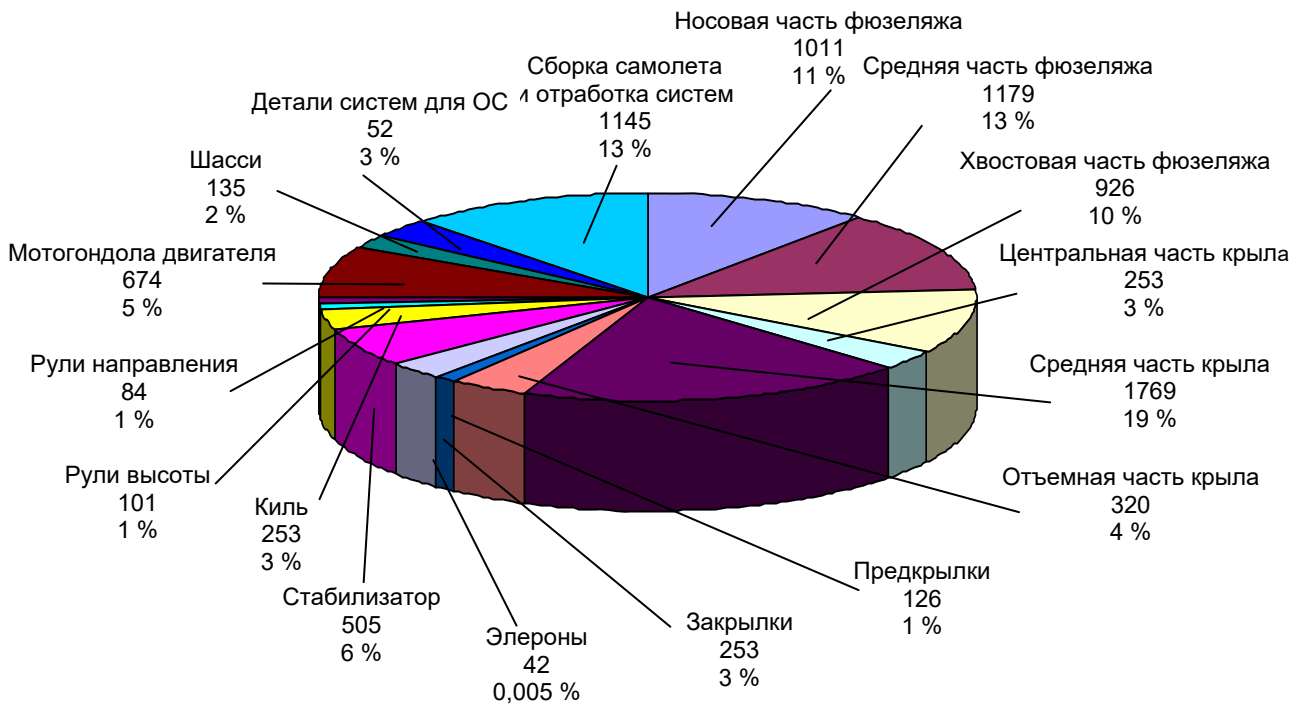


Рисунок 4 – Директивная трудоемкость изготовления оснащения самолета Ан-70 на ГП «Антонов», в тыс. чел-часах и процентах

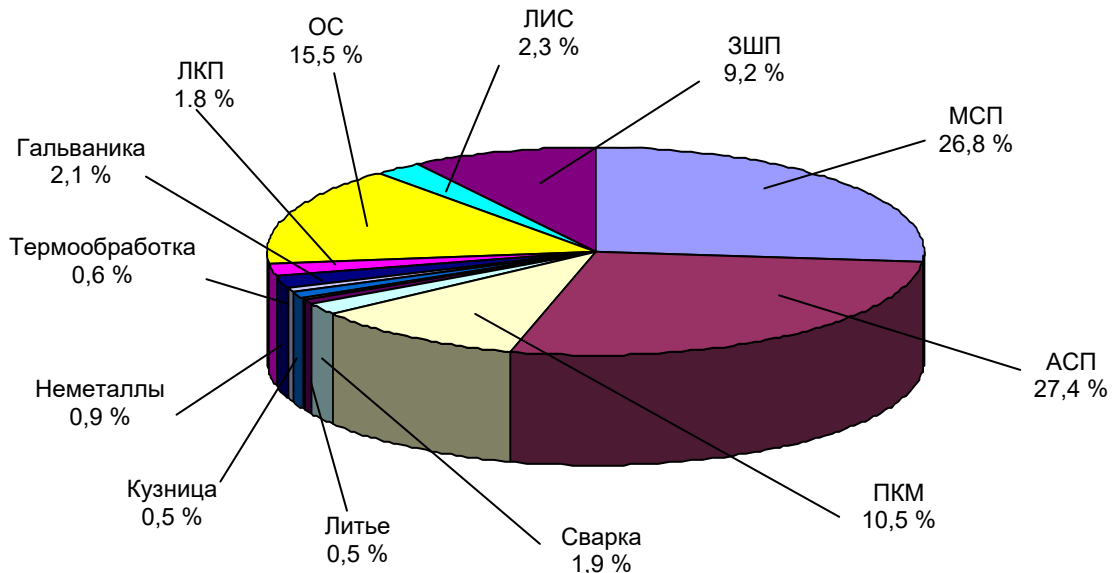


Рисунок 5 – Структура трудоемкости по видам производства самолета Ан-70 на ГП «Антонов» в процентах

Толчком к автоматизации этапов технологической подготовки и самого авиационного производства стало применение CALS-технологий и знаниеориентированных технологий [13 – 14]. Применение CALS-технологий позволяет существенно сократить объемы работ по проектированию и производству новых изделий авиационной техники за счет обеспечения информационной поддержки на всех этапах жизненного цикла продукта [15].

Для CALS характерно следующее [16 – 18]:

- решаются задачи интеграции всех процессов в ходе жизненного цикла;

- участники информационного взаимодействия могут быть территориально удалены друг от друга и располагаться в разных городах и странах;

- организация единой базы данных проекта для непрерывной поддержки всех этапов жизненного цикла изделия, компьютеризация управления проектированием и подготовкой производства на основе применения PDM-систем;

- сквозная компьютеризация всего спектра инженерных задач в проектировании и подготовке производства, с выбором базовых систем проектирования и поддержкой необходимых форматов данных для обмена конструкторской и технологической информацией;

- первоисточником информации является математическая модель изделия (мастер-модель), на основе которой обеспечивается сборка и увязка, контроль при изготовлении изделий авиационной техники;

- основной средой передачи данных являются глобальные сети и др.

Применение знаниеориентированных технологий позволяет формализовать любые результаты и обеспечить экспертную поддержку технологу на каждом этапе принятия решения при выполнении технологического проектирования.

В этой связи перспективными областями применения компьютерной техники при технологическом проектировании являются [19]:

- автоматическое кодирование деталей для поиска информации в базах знаний;

- математическое моделирование формообразования деталей;

- поиск и выбор рациональных технологических решений;

- накопление, систематизация и передача информации, необходимой для проектирования и производства, совершенствование качества и объема информации с переходом на новые принципы обмена данными.

На практике для перевода таких сложных производственных комплексов, как авиационные, применима только поэтапная автоматизация: сначала оснащение рабочих мест проектировщиков и производственников системами автоматизированного проектирования, анализа и технологической подготовки производства; затем внедрение систем управле-

ния проектными и инженерными данными; и, наконец, внедрение систем автоматизации процессов планирования и управления.

Компьютерные технологии виртуальной реальности и визуальной симуляции используются на ведущих зарубежных авиастроительных корпорациях с середины 80-х годов. В настоящее время подобные системы широко применяются в процессах конструирования, технологической подготовки производства и основном производстве авиационной техники.

Одним из пионеров применения систем виртуальной реальности в авиационной отрасли является корпорация Boeing. Системы виртуальной реальности, используемые в корпорации Boeing, применяются на всех этапах жизненного цикла авиационных изделий, начиная от концептуального проектирования, инженерной и технологической отработки конструкции и заканчивая системами визуализации для потребителей продукции корпорации. Системы виртуальной реальности, применяемые в корпорации, являются продуктом собственной разработки.

Boeing является также пионером в новом направлении – системы аргументированной реальности (AR, дополненная реальность). Данный класс систем предназначен для совмещения объектов реального мира и цифровых моделей. Примером практического применения данной технологии в авиастроении может служить бесплазовая и безэталонная агрегатная сборка изделия, где необходимые технологические операции отображаются в цифровой форме поверх реального изделия в цехе, на специализированных цифровых очках рабочего-сборщика, либо на его мобильном терминале.

AR-технологии находят широкое применение в агрегатной сборке авиационных изделий, их эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте. Помимо корпорации Boeing, технологии виртуальной реальности широко применяются в таких известных авиастроительных компаниях как Airbus, Embraer, Dassault Aviation и других крупных авиастроительных компаниях.

В разработке теоретических основ построения систем автоматизации и достижении практических результатов в отдельных направлениях технологической подготовки производства большую роль сыграли работы ученых под руководством С.П. Митрофанова, В.И. Аверченкова, Г.К. Горанского, Н.М. Капустина, В.В. Павлова, В.Д. Цветкова и многих других [20 – 30].

Эти работы велись по следующим направлениям:

- автоматизация проектирования технологических процессов;
- автоматизация создания управляющих программ для оборудования с ЧПУ;
- автоматизация проектирования технологической оснастки;
- визуализация и верификация процессов автоматизированной обработки;

- автоматизация подготовки и настройки инструмента;
- внедрение систем распределенного управления оборудованием с ЧПУ;
- автоматизация процессов контроля и обработки результатов испытаний.

Значительные результаты достигнуты в вопросах автоматизации технологической подготовки производства авиационных деталей методами удаления лишнего материала, так как основные операции процессов механической обработки хорошо формализованы и прекрасно моделируются графическими твердотельными образами. В самолетостроении оборудование с ЧПУ применяется во всех направлениях: в изготовлении деталей, оснастки и носителей форм и размеров.

Значительные успехи в разработке теоретических аспектов и внедрении информационных технологий в отечественном самолетостроении достигнуты учеными Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт». Еще в 90-х годах прошлого столетия компьютерные технологии в сборочном производстве в части моделирования и оптимизации сборки самолетов использовались профессором д.т.н. А.И. Бабушкиным [10]. С 2000-х годов в ХАИ широким фронтом развернулись научные исследования, завершившиеся обобщившими их квалификационными работами проф. Зайцева В.Е. [33] и проф. Воронько В.Н. [34].

Работы Мялицы А.К. [31 – 32] обобщают его исследования в области технологической подготовки производства в условиях дискретно-нестабильных программ выпуска самолетов, сложившихся к началу 2000-х годов.

В [31] отработана новая концепция технологической подготовки авиационного производства при зависимом получении размеров соединяемых деталей, которая базируется на аналитических эталонах, полученных с помощью инженерных компьютерных средств. В рамках этой концепции получены методики технологической подготовки производства для:

- деталей, изготавливаемых технологией первичного формообразования;
- деталей, изготавливаемых методом выклейки композиционных материалов;
- ленточных нагревательных элементов антиобледенительной системы стабилизатора самолета Ан-140.

Эти методы позволили значительно сократить сроки освоения серийного производства самолета Ан-140.

В [32] впервые в области технологической подготовки производства на основе системного подхода разработаны метод и основы технологической подготовки серийного авиационного производства в условиях дискретно-нестабильных программ выпуска и доказано, что для повы-

шения эффективности технологической подготовки серийного производства в рассматриваемых условиях необходима замена плазово-шаблонного метода переноса форм и размеров методом, использующим оборудование с ЧПУ и аналитические эталоны.

Даны строгие определения понятий собираемости и взаимозаменяемости, отличающиеся от имеющихся тем, что собираемость рассматривается как основное, базовое понятие, а взаимозаменяемость – как вытекающее из собираемости, и введены новые – такие как «аналитический эталон», триада технологичности «конструкция – технология – объем выпуска», триада уровня качества «персонал – техпроцесс – оборудование», позволяющие более точно поставить вопрос технологической подготовки производства.

Впервые получены критерии применимости зависимого и независимого образования размеров участка сборочной цепи.

Работа [33] посвящена проблемам подготовки и организации авиационного заготовительно-штамповочного производства на основе CALS-технологий. В ней исследованы и разработаны информационные модели и алгоритмы комплексной системы средств автоматизации САПР технологической подготовки производства заготовительно-штамповочных процессов современного авиационного предприятия в условиях единого информационного пространства.

Разработаны системы интеллектуальной поддержки принятия технологических решений при создании основных средств автоматизации технологической подготовки производства в едином информационном пространстве, а также основы их функционирования на современных авиационных предприятиях с оценкой их технико-экономической эффективности.

В работе [34] синтезированы многочисленные публикации автора в единый научный комплекс исследований автоматизированной агрегатной сборки самолетных конструкций в условиях опытного и единичного производства. В ней разработаны концепция сборочного производства, нечетко-множественный подход к роботизации сборки планера самолета, проведены экспериментальные исследования специализированных переналаживаемых приспособлений с числовым программным управлением и процесса сборки с использованием робототехнических систем, регулирования длительности автоматизированного сборочного процесса, а также проведен анализ экономической эффективности использования автоматизированной агрегатной сборки.

Анализ этих и других работ позволяет констатировать, что ими в основном сформированы концепция и методы разработки комплексной системы взаимодействия в реальном и виртуальном пространстве с другими подсистемами информационного обеспечения проектирования и изготовления агрегатов самолета высокого качества в ограниченные сроки с фиксированными затратами.

Кроме этих работ обсуждаемое научное направление получило дальнейшее расширение и развитие в трудах других отечественных исследователей, в частности в [35 – 37].

Реализации в отечественном авиастроении на ГП «Антонов» принципов и средств системного применения интегрированных технологий автоматизированного проектирования в среде CAD/CAM/CAE/POM и системах виртуальной реальности для технологического планирования агрегатно-сборочного производства гражданских самолетов осуществляется и автором данной публикации с сотрудниками. В этой связи представляется актуальной идея обсуждаемых выше аспектов с наработками коллектива ГП «Антонов». При этом представляются привлекательными и исследования принципов реализации организационно-технических возможностей резерва ускорения запуска в серию опытных отечественных самолетов в современных сложных условиях нестабильных заказов.

На рис. 6 показана блок-схема концепции и методов использования основных принципов обеспечения высокоэффективного производства отечественных гражданских самолетов в современных условиях.



Рисунок 6 – Блок-схема концепции и методы использования основных принципов обеспечения высокоэффективного производства отечественных гражданских самолетов в современных условиях

Выводы

1. Проведен анализ современного состояния информационной поддержки автоматизированных технологических процессов производства отечественных гражданских самолетов ГП «Антонов».

Проведено сравнение трудоемкости основных стадий создания самолета, среди которых преобладают технологическая подготовка заготовительно-штамповочного производства и агрегатной сборки, для которых наиболее эффективны информационные технологии.

2. Показано, что высокоэффективное производство гражданских самолетов возможно при реализации концепции и методов использования основных принципов обеспечения полной интенсивной информационной поддержки технологических процессов:

- принципа системного применения интегрированных информационных технологий автоматизированного проектирования и систем виртуальной реализации для технологического планирования производства;

- принципа опережающего запуска в серийное производство новых самолетов или их модификаций;

- принципа использования оснащения опытного производства на начальном этапе серии.

Реализация этих принципов представляется актуальной ближайшей проблемой.

Список использованных источников

1. Читак В.Г. Состояние и перспективы развития авиастроения Украины в современных условиях / В.Г. Читак // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 2(94). – Х., 2018. – С. 7 – 18.

2. Кривов Г.А. Основные тенденции корпоративно-индустриальной стадии развития авиационного производства / Г.А. Кривов // Технологические системы. – 2000. – №3(5) – С. 5 – 19.

3. Информационные технологии в наукоемком машиностроении: компьютерное обеспечение индустриального бизнеса / под общ. ред. А.Т. Братухина. – К.: Техніка, 2001. – 728 с.

4. Балабуев П.В. Глобальная информатизация – прорыв информационных (компьютерных) технологий. В кн. «Информационные технологии в наукоемком машиностроении: компьютерное обеспечение индустриального бизнеса / под общ. ред. А.Т. Братухина. – К.: Техніка, 2001. – С. 64 – 83.

5. Гребеников А.Г. Методология интегрального проектирования и моделирования сборных самолетных конструкций / А.Г. Гребеников. –

Харьков: Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», 2006. – 532 с.

6. Сборочные и монтажные работы / В.В. Бойцов, В.П. Григорьев, М.И. Разумихин, В.А. Селезнев, Е.И. Шакунов. – М.: Оборонгиз, 1959. – 476 с.

7. Григорьев В.П. Сборка клепаных агрегатов самолетов и вертолетов / В.П. Григорьев. – М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.

8. Технология производства летательных аппаратов / В.Г. Кононенко, П.Н. Кучер, Ю.А. Боборыкин и др. – Киев: Высшая школа, 1974. – 222 с.

9. Технология самолетостроения / А.Л. Абибов, М.Н. Бирюков, В.В. Бойцов и др. – М.: Машиностроение, 1982. – 551 с.

10. Бабушкин А.И. Моделирование и оптимизация сборки летательных аппаратов / А.И. Бабушкин. – М.: Машиностроение, 1990. – 240 с.

11. Кривов Г.А. Технология самолетостроительного производства / Г.А. Кривов. К.: КВІЦ, 1977. – 459 с.

12. Бойцов В.В. Сборка агрегатов самолета / В.В. Бойцов, Ш.Ф. Ганиханов, В.Н. Крысин. – М.: Машиностроение, 1988. – 152 с.

13. CALS (Continuous Acquisition and life cycle Support – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла изделия) в авиастроении / А.Г. Братухин, Ю.В. Давыдов, Ю.С. Елисеев, Ю.Б. Павлов, В.И. Суров. – М.: Изд-во МАИ, 2000. – 304 с.

14. Зайцев В.Е. Направления исследований при создании компьютерных интегрированных технологий автоматизации заготовительно-штамповочного производства / В.Е. Зайцев, В.С. Кривцов, О.Е. Федорович // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Вип. 15. – Х.: аи, 2000. – С. 119 – 123.

15. Энгельке У.Д. Как интегрировать САПР/АСТПП / У.Д. Энгельке. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.

16. Смирнов А.В. Совмещенное проектирование: необходимость, проблемы внедрения, перспективы / А.В. Смирнов, Р.М. Юсупов. = С.-Пб.: СПИИРАН, 1992. – 35 с.

17. Судов Е.В. CALS-технологии или информационная поддержка жизненного цикла изделия / Е.В. Судов. – PCWeek/RE. – 1998. - №45(169), (17 – 23 ноября).

18. Судов Е.В. CALS-сопровождение жизненного цикла / Е. Судов, А. Левин // Открытые системы. – 2001. - № 3.

19. Хокс Б. Автоматизированное проектирование и производство /Б. Хокс. – М.: Мир, 191. – 196 с.

20. Автоматизированная система проектирования технологических процессов механосборочного производства / В.М. Зарубин, Н.М. Капустин, В.В. Павлов и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 247 с.

21. Шпур Г. Автоматизированное проектирование в машиностроении / Г. Шпур, Ф.Д. Краузе. – М.: Машиностроение, 1988. – 648 с.

22. Технологическая подготовка гибких производственных систем / С.П. Митрофанов, А.Д. Куликов, О.Н. Миляев и др. – М.: Машиностроение, 1987. – 352 с.

23. Павлов В.В. Математическое обеспечение САПР в производстве летательных аппаратов / В.В. Павлов. – М.: Изд-во МФТИ, 1978. – 68 с.

24. Горанский Г.К. Кодирование информации о машиностроительных деталях в автоматизированных системах технологического проектирования / Г.К. Горанский. – Минск: БелНИИТИ, 1989. – Вып. 2. – 184 с.

25. Горанский Г.К. Информационное обеспечение АСТПП, унификация и классификация деталей и элементов технологических процессов / Г.К. Горанский, Э.И. Бендерова. – Минск: БелНИИТИ, 1989. – Вып. 3. – 104 с.

26. Диалоговое проектирование технологических процессов / Н.М. Капустин, В.В. Павлов, Л.А. Козлов и др. – М.: Машиностроение, 1983. – 255 с.

27. Норенков А.П. Основы теории и проектирования САПР / А.П. Норенков, В.Б. Маничев. – М.: Высшая школа, 1990. – 335 с.

28. Применение ЭВМ в технологической подготовке производства / С.П. Митрофанов, Ю.А. Гульков, Д.Д. Куликов и др. – М.: Машиностроение, 1981. – 287 с.

29. Норенков И.П. Автоматизированное проектирование / И.П. Норенков. – М.: Научная книга, 2000. – 188 с.

30. Норенков И.П. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии / И.П. Норенков, П.К. Кузьмук. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.

31. Мяслица А.К. Технологическая подготовка авиационного производства при зависимом образовании размеров деталей с использованием инженерных компьютерных средств. – Дис...канд. техн. наук: 05.07.04 – технология производства летательных аппаратов // Нац. аэрокосмич. ун-т им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Харьков, 2001. – 160 с.

32. Мяслица А.К. Технологическая подготовка самолетостроительного производства в условиях дискретно-нестабильных программ выпуска изделий. – Дис...докт. техн. наук: 05.07.04 – технология производства летательных аппаратов // ОАО «Укрвинский НИИ авиац. технологии». – К., 2003. – 260 с.

33. Зайцев В.Е. Подготовка и организация авиационного заготовительно-штамповочного производства на основе CALS-технологий. – дисс...докт. техн. наук: 05.07.02 – проектирование, производство и испытания летательных аппаратов // Нац. аэрокосмич. ун-т им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Харьков, 2011. – 351 с.

34. Воронько В.В. Научные основы автоматизированной сборки авиационных конструкций в условиях опытного и единичного производства. – Дисс...докт. техн. наук: 05.07.02 – проектирование, производство

и испытания летательных аппаратов // Нац. аэрокосмич. ун-т им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Харьков, 2014. – 306 с.

35. Бычков С.А. Исследование и разработка новых технологий агрегатно-сборочного производства гражданских самолетов / С.А. Бычков, В.А. Матвиенко, Г.Н. Романович // Технологические системы. – 2013. – №1(62). – С. 71 – 78.

36. Обеспечение соответствия новых технологий агрегатно-сборочного производства гражданских самолетов требованиям Aviационных правил / Г.А. Кривов, В.А. Матвиенко, Ю.М. Тарасов, А.Г. Громашев // Наука и технологии в промышленности, 2012. – №2. – С. 60 – 67.

37. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолетов / А.И. Пекарш, Ю.М. Тарасов, Г.А. Кривов и др. – М.: Аграф-пресс, 2006. – 303 с.

Поступила в редакцию 30.07.2018.

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.А. Бычков,
ГП «Антонов», г. Киев.*