

doi:10.32620/oikit.2018.82.04

УДК 629.07.002:658.52

С.А. Бычков, В.Г. Читак

Методика реализации системы автоматизированного конструирования и изготовления приспособлений при технологической подготовке самолетостроительного производства в режиме виртуальной реальности

Государственное предприятие «Антонов», г. Киев, Украина

Разработана методика применения и практического внедрения в технологическую подготовку производства отечественных гражданских самолетов технологии виртуальной реальности для реализации сборки деталей, узлов и приспособлений в агрегатно-сборочном производстве на примере центроплана самолета Ан-148 и создания технологических планировок рабочих мест на основе спроектированных электронных моделей. Изложены основные положения концепции системы конструирования и изготовления приспособлений в режиме виртуальной реальности и принципы ее реализации на основе электронных конструкторско-технологических макетов. Приведен состав основных компонентов систем, а также последовательность этапов стимуляции производственных технологий для 3D, цифровой конструкторско-технологической подготовки производства.

Ключевые слова: методика, автоматизированное проектирование, виртуальная реальность, агрегатная сборка, электронные модели.

В [1 – 2] сформулированы основные принципы реализации высокоэффективного производства гражданских самолетов в современных условиях. В [2] показано, что первым из этих принципов является принцип системного применения интегрированных информационных технологий автоматизированного проектирования и систем виртуальной реализации (ВР) для технологического планирования производства отечественных гражданских самолетов.

Ниже изложены основные положения концепции системы конструирования и изготовления приспособлений в режиме виртуальной реальности (СКИП/ВР) и принципы ее реализации. Создаваемая система СКИП/ВР базируется на современных информационных производственных технологиях, базах инженерных знаний и решениях, основанных на управлении проектными данными на протяжении всего жизненного цикла изделия (Product Lifecycle Management PLM) – комплексе средств, включающих в себя системы автоматизированного проектирования, конструирования, управления производственной информацией CAD/CAM/CAE [3 – 8]. Обязательным условием создаваемой системы является соблюдение принципов развития, системного и информационного единства с системами CAD/CAM/CAE/PDM/ВР, а также малооперационными программируемыми технологиями проектирования с применением программно-ориентированных рабочих мест.

Система реализует принципы управления информационными потоками для оборудования с числовым программным управлением и инспекционных измерительных систем для конструирования оснастки для автоматизированных систем проектирования (АСП), принципы интерактивного графического взаимодействия, визуализации и симуляции объектов проектирования в единой информационной среде CAD/CAM/CAE/PDM/ВР, а также принципы контроля качества каждого из этапов проектирования технологической оснастки, ее производства, монтажа и создания рабочих мест на их базе в цехах АСП.

Создаваемая программно-ориентированная система СКИП в интеграции с системами CAD/CAM/CAE/PDM/VR должна обеспечивать снижение трудоемкости проектных работ до 70%, а также времени изготовления технологической оснастки для АСП до 80 % по сравнению с существующими показателями. При этом обеспечивается создание базы инженерных знаний в области проектирования оснастки для АСП, позволяющей накапливать, сохранять и тиражировать опыт наиболее квалифицированных специалистов и использовать его в дальнейших разработках и возможности обучения инженерно-технического состава и рабочих технологическим операциям при сборке агрегатов и изделий с применением программно-технических средств на основе виртуальных электронных макетов изделий и симулирования производственных процессов в режиме виртуальной реальности. Эта система ориентирована на специалистов занятых проектированием и изготовлением сборочной оснастки для агрегатно-сборочного производства самолетов.

Состав основных компонентов системы СКИП/VR включает в себя:

- информационно-поисковую систему, в которую входят:
 - база инженерных знаний;
 - 3D цифровые библиотеки стандартных изделий крепежа, типовых деталей и узлов технологической оснастки для АСП и т.д.;
 - электронные библиотеки материалов;
 - электронная база данных нормативной документации;
 - система принятия решений и обработки статистики;
 - проблемно-ориентированная система проектирования и конструирования
- систему инженерных расчетов узлов и деталей сборочных приспособлений;
- систему изготовления деталей и узлов, монтажа сборочных приспособлений для
- систему расчета технико-экономических показателей функционирования СКИП/VR;
- интерфейс с системами визуализации, симуляции объектов проектирования на основе систем VR на всех этапах конструирования, производства и эксплуатации технологической оснастки для АСП.

Последовательность этапов симуляции производственных технологий конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП) в режиме VR представлена на примере создания сборочного приспособления (СП) для агрегатно-сборочного производства центроплана ближнемагистрального самолета Ан 148. Ниже на этом примере показана последовательность этапов проектирования сборочной оснастки для производства агрегатов типа центроплан с применением технологии VR в единой информационной системе CAD/CAM/CAE и системе виртуальной реальности Virtolls.

Основные этапы, обязательные при автоматизированном проектировании, изготовлении и монтаже технологической оснастки, контроле при 3D цифровой КТПП современных летательных аппаратов на основе их электронного конструкторско-технологического макета (ЭКТМ) с применением VR включают (рис. 1):

- создание и контроль технологической математической модели поверхности (ТММП) центроплана;
- создание и контроль конструктивно-силовой схемы (КСС) и базовой контрольной структуры (БКС) центроплана;
- создание и контроль электронной модели детали (ЭМД) и электронной модели сборочной единицы (ЭМСЕ) конструктивного силового каркаса центроплана;
- создание ЭКТМ центроплана как, как единого источника информации о геометрических и технологических параметрах деталей и узлов центроплана;

- проектирование на базе ЭКТМ центроплана с применением систем ВР комплекта технологической оснастки для сборки центроплана;
- визуализация и симуляция процессов сборки и монтажа как сборочных приспособлений, так и сборочных единиц центроплана.

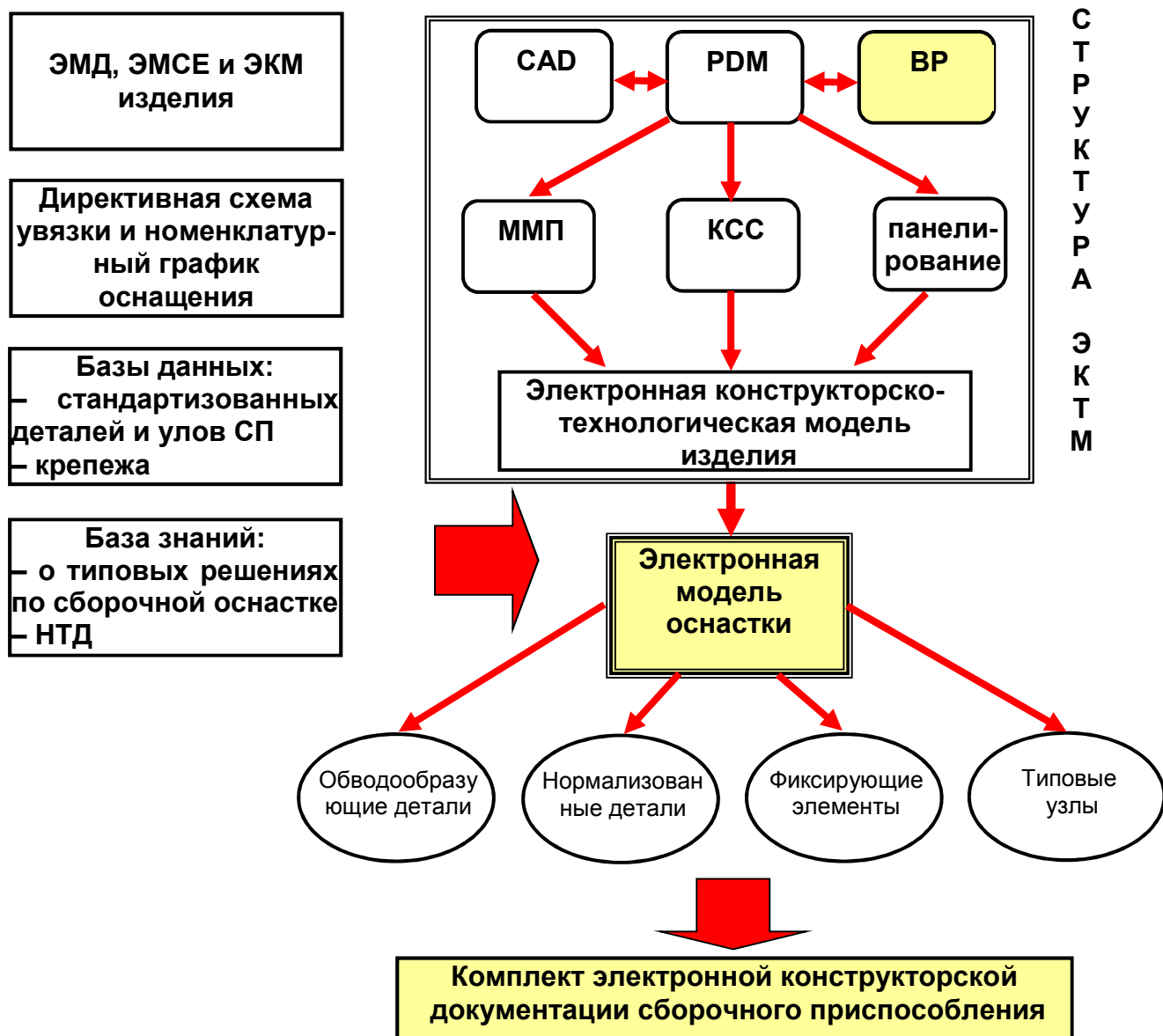


Рис. 1. Схема реализации концепции проектирования сборочных приспособлений и стапелей на основе ЭКТМ изделия в бреде CAD/CAM/CAE/PDM

Центроплан самолета Ан 148 [2] прямоугольной формы в плане, расположен между корневыми нервюрами консольной части крыла (КЧК) и образует бак-кессон. Силовой набор центроплана состоит из продольного и поперечного наборов. Продольный силовой набор образован двумя лонжеронами (передним и задним) и силовыми панелями. На лонжеронах установлены кронштейны для стыка центроплана с фюзеляжем, на развитых вертикальных полках которых имеются отверстия для стыковки с лонжеронами консольных частей крыла. Нижние и верх-

ние панели центроплана выполнены из монолитных панелей. Поперечный силовой набор состоит из нервюр балочной конструкции. Создание 3D цифровых моделей деталей, узлов и сборочных единиц сборочных приспособлений производится в среде системы CAD/ CAE /CAM, ProEngineer и BP Virtolls.

Создание электронной конструкторской документации, сборочных приспособлений для сборки центроплана самолета Ан 148 на базе его ЭКТМ включает в себя следующие составляющие.

На первом этапе разрабатывается техническое задание (ТЗ) на проектирование сборочного приспособления. Исходными данными для автоматизированного проектирования СП должны быть ЭМД и ЭМСЕ объекта оснащения - центроплана:

- электронная конструкторская модель детали (ЭКМД) и электронная конструкторская модель сборочной единицы (ЭКМСЕ);
- технические требования на сборку и поставку входящих деталей и узлов;
- схема сборки и другие директивные технологические материалы;
- схема базирования, конструктивно-силовая схема СП;
- программа выпуска изделий.

Порядок разработки технического задания (ТЗ) следующий. Конструктор СП получает задание на проектирование от технолога, разработавшего технологический процесс на сборку объекта.

Исходя из конструктивно-технологических особенностей объекта сборки и назначения приспособления определяются следующие пункты ТЗ:

- положение собираемого узла (агрегата) в СП;
- основные сборочные базы, используемые при сборке;
- способ закладки узлов и их базирование в СП;
- метод сборки: «от обшивки» или «от каркаса»;
- указания, какие детали должны фиксироваться при сборке;
- точность сборки по аэродинамическому контуру и стыковым разъемам;
- необходимость перемещения и способы выемки объекта из приспособления;
- уровень механизации и автоматизации работ в СП;
- требования к оргоснастке СА, положение рабочего при выполнении сборочных работ;
- требования по технике безопасности.

Этапы проектирования и порядок проектирования технологического оснащения процессов сборки объекта включают в себя разработку эскизного проекта и выполнение технического проекта.

Проектирование начинается с разработки конструктивной схемы СП. Выбирают базовые оси (в качестве которых принимают: ось симметрии, строительную горизонталь, плоскость хорд и т.д.), соблюдая три основных принципа базирования: единства, постоянства и совпадения баз, относительно которых координируется расположение всех узлов, формируется контур объекта.

Далее вокруг контура объекта сборки выстраивают в сетке, кратной как правило 100 мм, элементы конструкции СП, максимально используя унифицированные и стандартизованные элементы для сборочной оснастки.

При создании модели СП определяют места фиксаторов, количество которых выбирают из условий точности сборки. В первую очередь прорабатывают обводообразующие фиксаторы. Одновременно прорабатывают места установки и количество зажимных устройств.

Создание базы данных (БД) стандартизованных деталей и узлов сборочных приспособлений, а также деталей крепежа выполнено в среде PDM-Windchill и в базе данных CAD/ProEngineer.

Созданная ранее и в процессе выполнения работы БД стандартных деталей и узлов сборочных приспособлений и крепежа включает более 3000 параметризованных электронных моделей. Примеры электронных моделей стандартных узлов СП и крепежа приведены на рисунке 2.

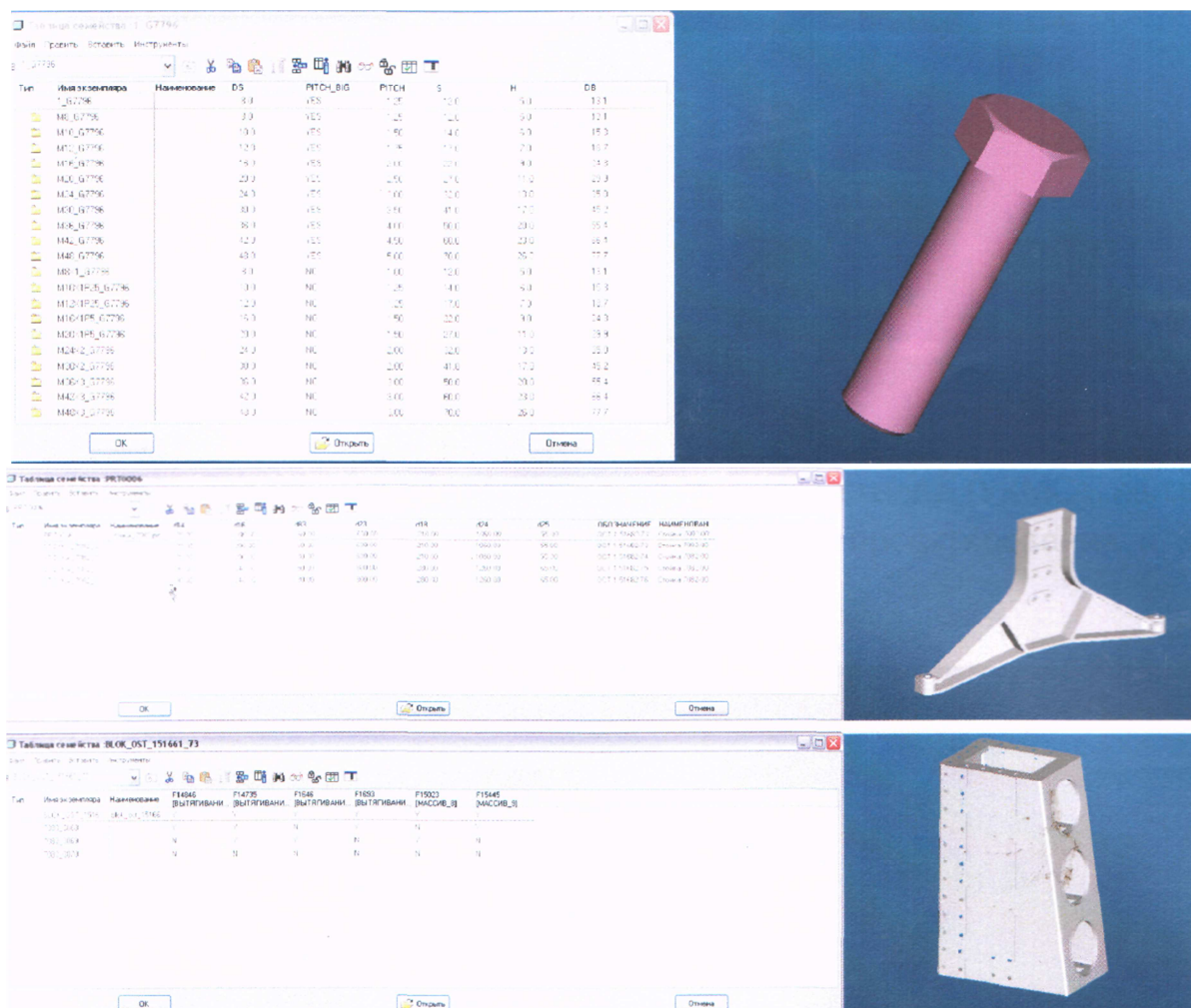


Рис. 2. Примеры электронных моделей стандартных узлов

Порядок сборки и монтажа сборочного приспособления для комплектации и сборки нижней панели центроплана следующий.

Производится изготовление каркаса (рамы) сборочного приспособления (раскрой деталей и сварка по чертежу с допуском ± 3 мм). Электронная модель (ЭМ) рамы показана на рисунке 3.

Устанавливаются координатные реперы на сваренный каркас (раму) на горизонтальной координатной плите с компенсационной заливкой цементом зазоров между стаканами на раме и хвостовиками реперов на плите. Процесс монтажа реперов на сваренной раме показан на рисунке 4.

Производится монтаж базовых фиксирующих элементов стапеля для установки съемных элементов конструкции приспособления на раме с помощью элек-

тронной модели УКМС на горизонтальной плите с фиксированным по реперам положением рамы с компенсационной заливкой зазоров по хвостовикам фиксаторов, который показан на рисунке 5.

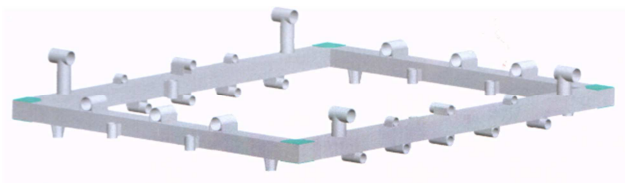


Рис. 3. – ЭМ каркаса рамы

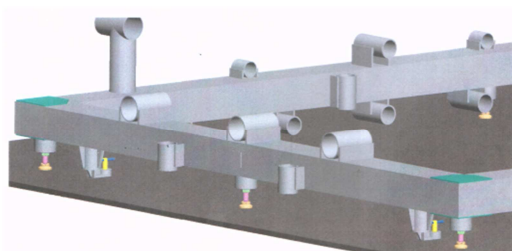


Рис. 4. Монтаж реперов на сварной раме

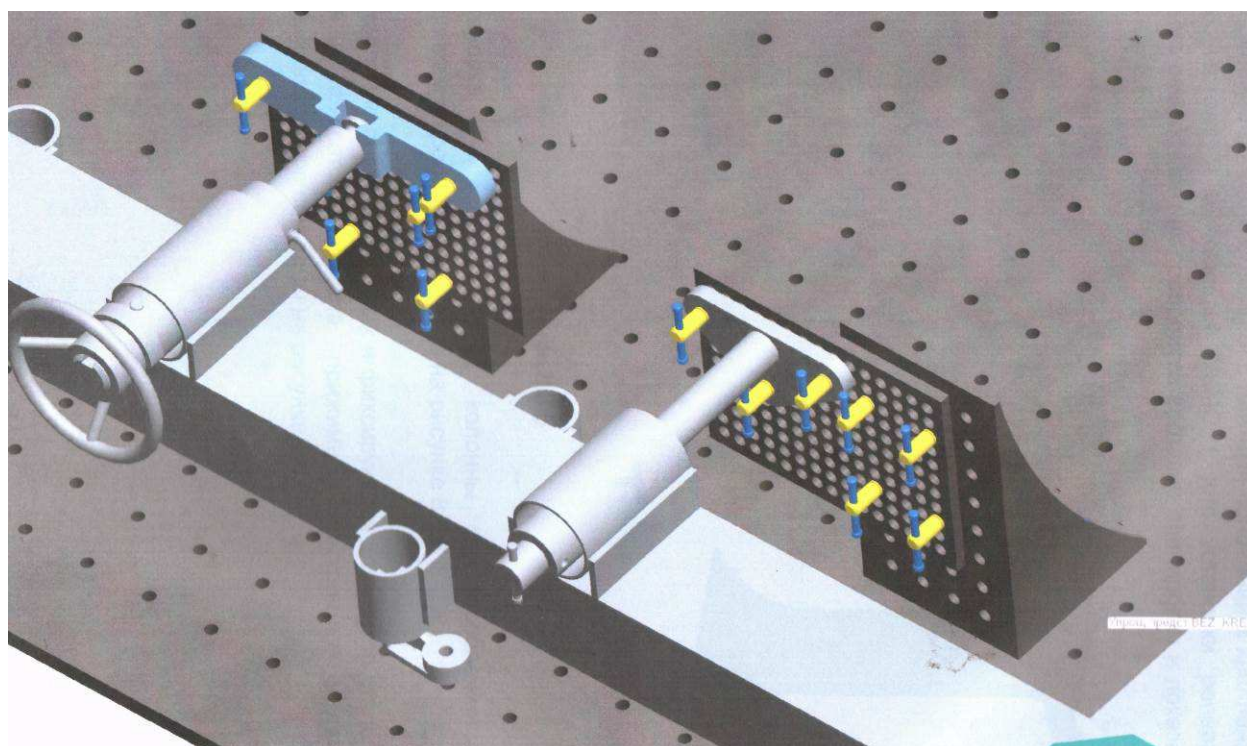


Рис. 5. Монтаж базовых фиксирующих элементов стапеля

Изготавливается по чертежу колонны с плитами оснований и крепятся рамы по чертежу и с помощью УКМС (для установки реперов крепления рамы). Монтаж производится согласно планировки.

Устанавливается рама на опорные колонны приспособления (с совмещением по реперам), что показано на рисунке 6. Изготавливаются съемные базовые и фиксирующие элементы стапеля (отдельные фиксаторы, лекала, прижимы). Электронные модели созданных элементов показаны на рисунке 6. Устанавливаются съемные базовые фиксирующие элементы на базовые элементы рамы как показано на рисунке 6.

Изготавливаются по чертежам и устанавливаются по схеме (чертежу размещения) помосты, трапы, ограждения оргостакки (рисунок 7).

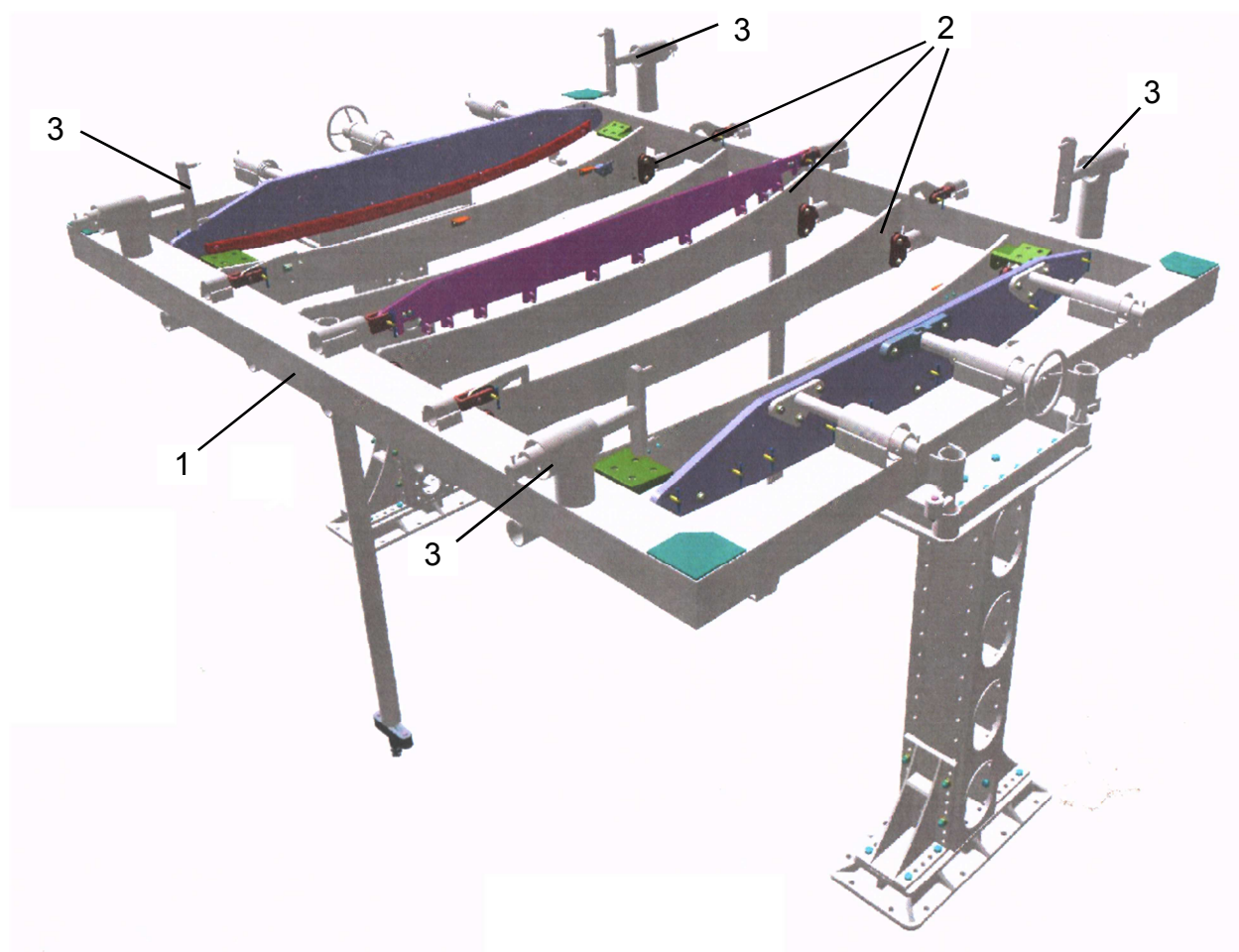


Рис. 6. Установка на раму 1 съемных базовых и фиксирующих элементов 2 на базовые элементы рамы 3

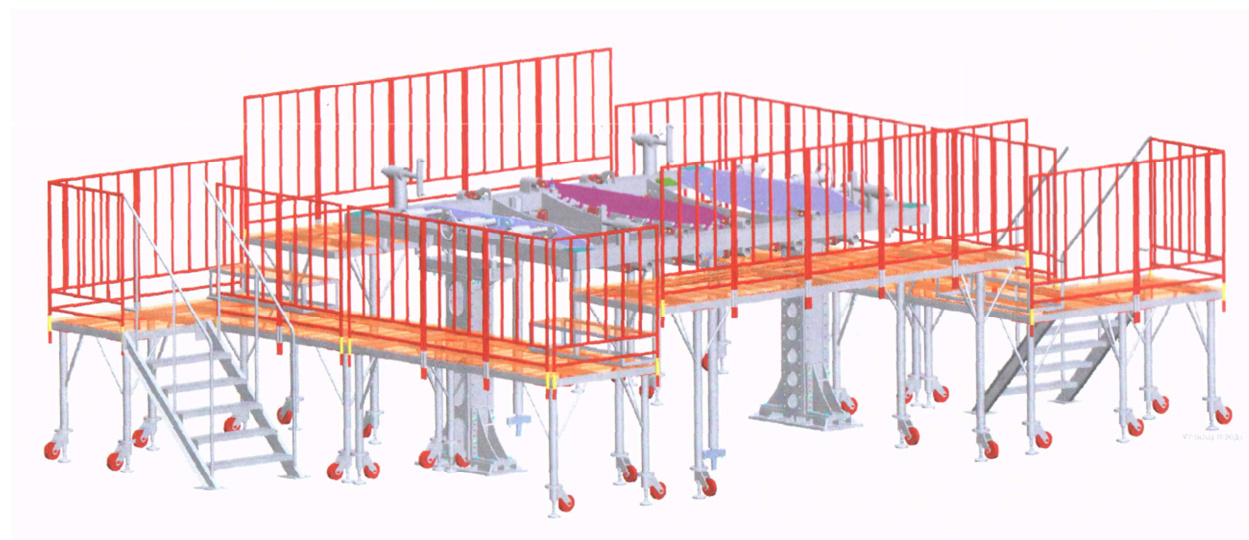


Рис. 7. Установка по схеме размещения помостов, трапов и ограждения оснастки

Система ВР обеспечивает возможность создания 3D цифровых технологических планировок рабочих мест, а также симуляцию операций сборки отдельных сборочных единиц агрегатов. На рисунке 8 показано размещение в «виртуальном» сборочном цехе приспособлений на примере СП для сборки нижней панели и лонжерона центроплана. Подготовку САД-моделей деталей, узлов, сборочных единиц к погружению среду ВР для визуализации и симуляции технологических процессов сборки приспособлений, панелей и лонжеронов центроплана выполняют строго в определенной последовательности.

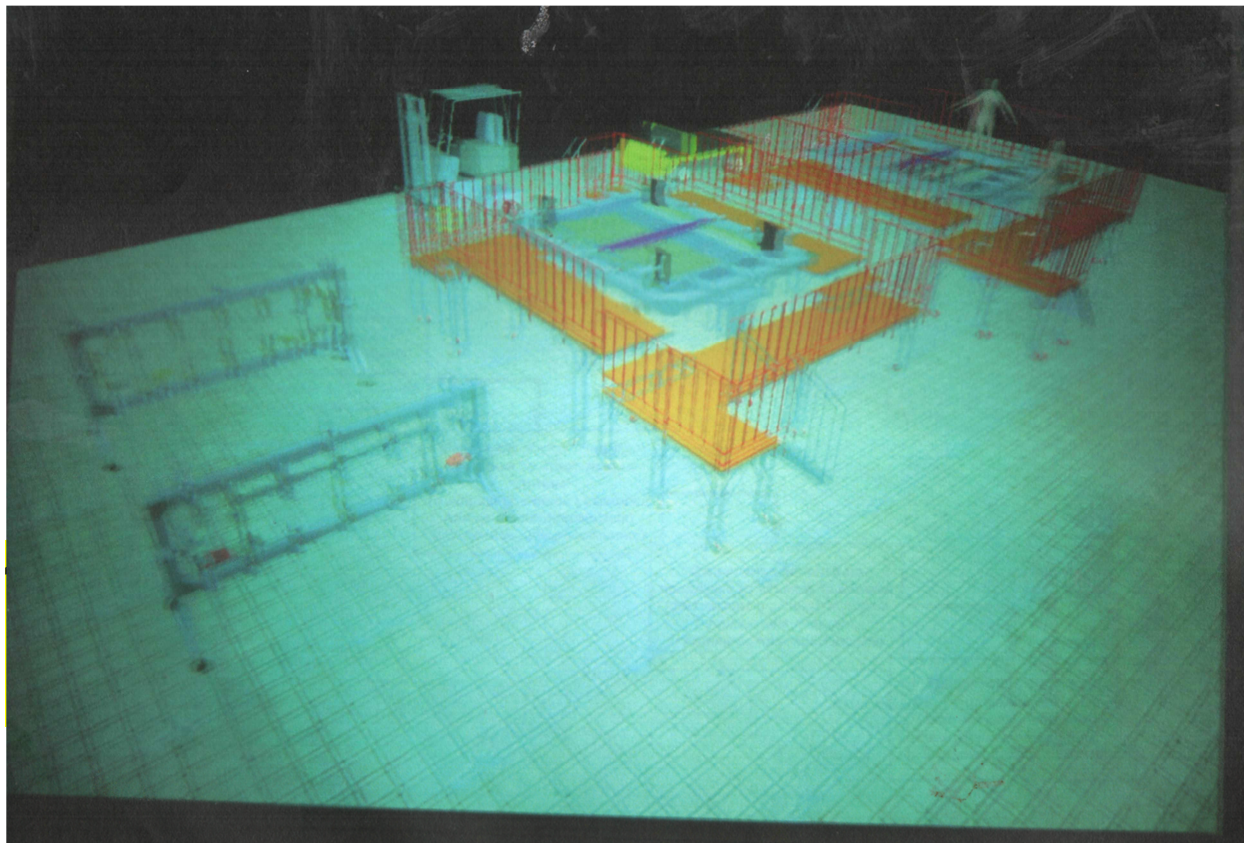


Рис. 8. Размещение в «виртуальном» сборочном цехе приспособлений для сборки нижней панели и лонжерона центроплана самолета Ан 148

В соответствии с укрупненной технологической последовательностью сборки нижней панели центроплана Ан 148 (рисунок 9) укомплектованное СП (рисунок 10,а) «открывается» для закладки собираемой сборки (рисунок 10, б).

В режиме виртуальной реальности осуществляют последовательную закладку деталей в СП. Процесс симуляции производственного процесса сборки панелей проиллюстрирован на рисунках 11,а и 11,б.

После закладки панелей в СП устанавливаются кронштейны и пояса лонжеронов для совместной комплектации (рисунок 12,а) и производится симуляция сборки для всех остальных деталей сборочной единицы (рисунок 12,б).

Аналогично в соответствии с технологической последовательностью сборки лонжеронов (рисунок 13) в системе ВР производят симуляцию сборки деталей и узлов лонжерона. Симуляция процесса сборки лонжерона осуществляется в последовательности аналогичной сборке панелей.

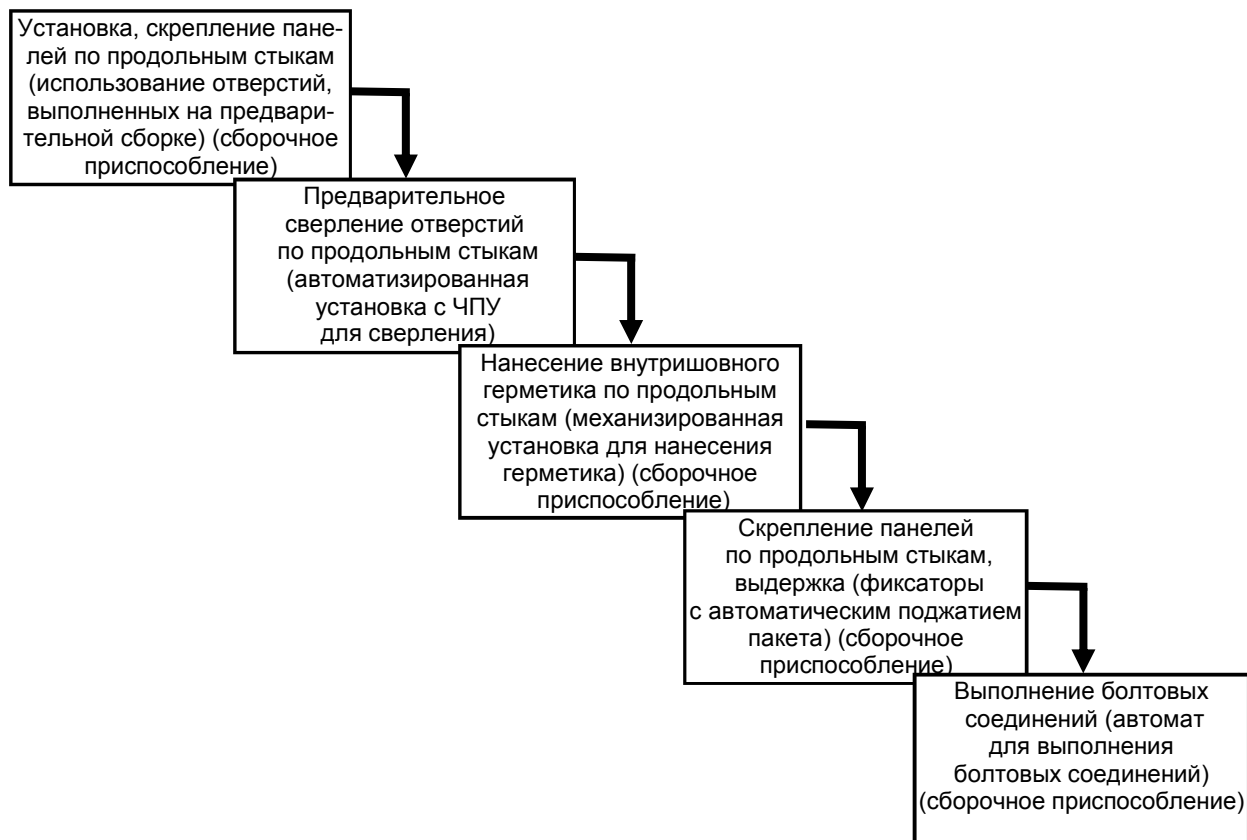
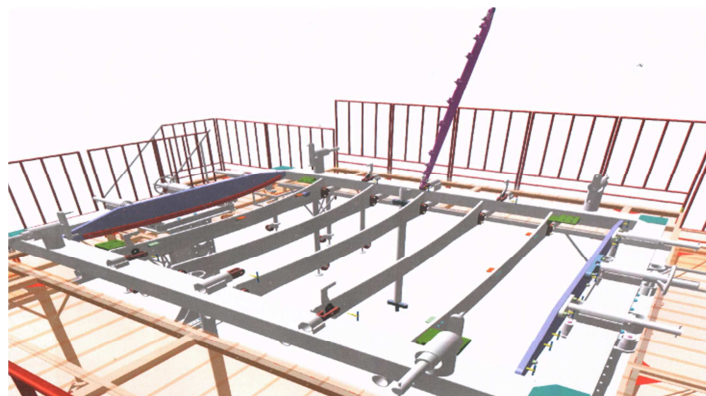


Рис. 9. Укрупненная технологическая последовательность сборки нижней панели центроплана самолета Ан 148 (все операции выполняются в одном приспособлении)



а



б

Рис. 10. Укомплектованное сборочное приспособление в реальной (а) и виртуальной среде (б)

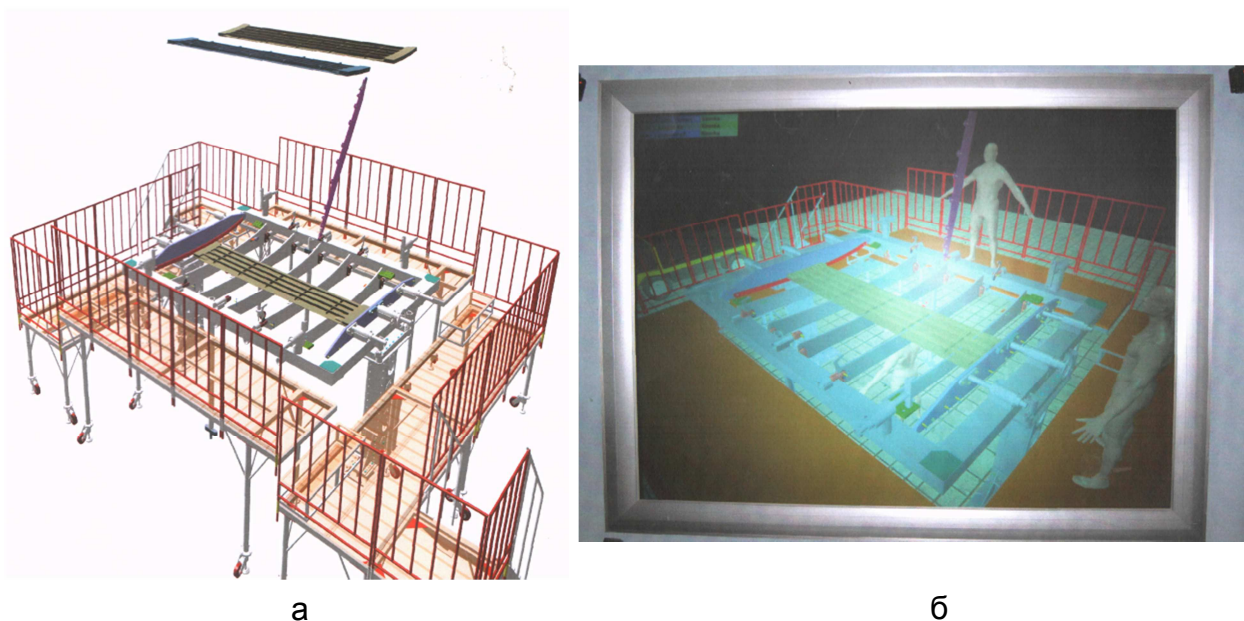


Рис. 11. Процесс симуляции производственного процесса сборки панели:
а – в реальной среде; б – в виртуальной среде

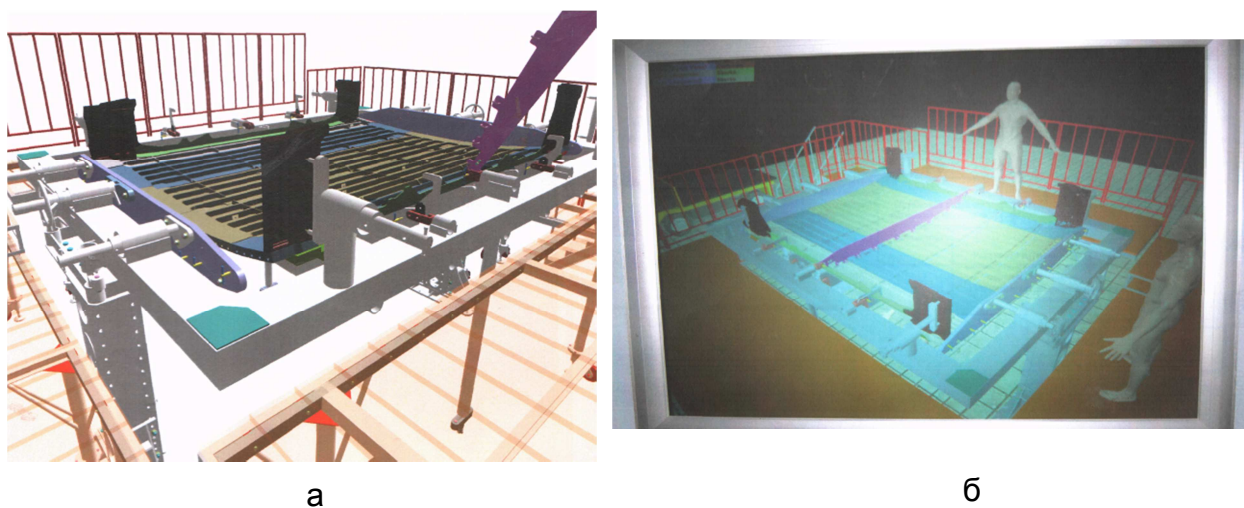


Рис. 12. Процесс дальнейшей совместной комплектации сборки:
а – в реальной среде; б – в виртуальной среде

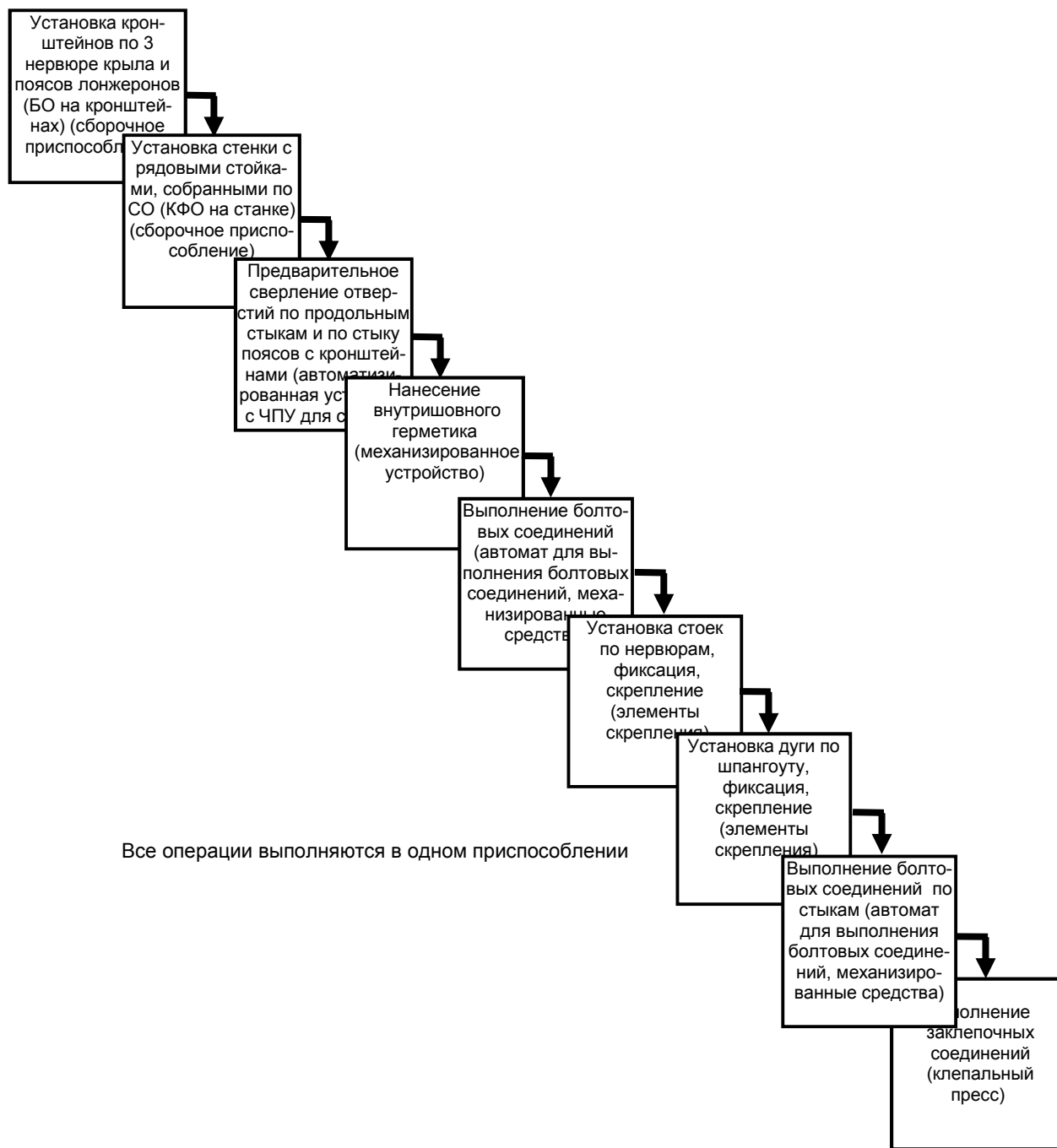


Рис. 13. Технологическая последовательность сборки лонжерона центроплана самолета Ан 148 в система виртуальной реальности (все операции выполняются в одном приспособлении)

Выводы

1. Разработанная приведенная выше методика является первой работой в области применения и практического внедрения в технологическую подготовку производства летательных аппаратов технологии виртуальной реальности для симуляции:

- сборки приспособлений для агрегатно-сборочного производства;
- сборки деталей и узлов центроплана ближнемагистрального самолета в спроектированных сборочных приспособлениях;
- технологических планировок рабочих мест на основе спроектированных электронных моделей СП с целью оптимизации сборки изделий.

2. Полученные результаты показывают перспективность развития этого направления для создания новых изделий и их ускоренного цифрового выпуска в серийное производство.

Список использованной литературы

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. Читак В.Г. Анализ современного состояния информационной поддержки автоматизированных технологических процессов производства отечественных гражданских самолетов / В.Г. Читак // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 3 (95).– Х., 2018. – С. 7 – 19.

3. Handbook of Life Cycle Engineering: Concepts, Tools and Techniques / Edited by A. Molina, J.M. Sanches, A. Kusiak. – London: Chapman&Hall, 1998.

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

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

6. Гребеников А.Г. Методология интегрального проектирования и моделирования сборных самолетных конструкций / А.Г. Гребеников. – Х.: Нац. аэрокосмич. ун-т им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», 2006. – 332 с.

7. Воронько В.В. Научные основы автоматизированной сборки авиационных конструкций. – дис...докт. техн. наук 05.07.022. – проектирование, производство и испытания летательных аппаратов. – Харьков, нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», 2014. – 306 с.

Поступила в редакцию 07.12.2018, рассмотрена на редколлегии 10.12.2018.

Методика реалізації системи автоматизованого конструювання та виготовлення пристосувань при технологічній підготовці літакобудівного виробництва в режимі віртуальної реальності

Розроблено методику застосування і практичного впровадження в технологічну підготовку виробництва вітчизняних цивільних літаків технології віртуальної реальності для реалізації збірки деталей, вузлів та пристроїв в агрегатно-складальному виробництві на прикладі центроплана літака Ан-148 і створення технологічних планувань робочих місць на основі спроектованих електронних моделей. Викладено основні положення концепцій системи конструювання та виготовлення пристосувань в режимі віртуальної реальності і принципи її реалізації на основі електронних конструкторсько-технологічних макетів. Наведено склад основних компонентів систем, а також послідовність етапів стимуляції виробничих технологій для 3D, цифровий конструкторсько-технологічної підготовки виробництва.

Ключові слова: методика, автоматизоване проектування, віртуальна реальність, агрегатна збірка, електронні моделі.

The method of implementation of the automated system designing and manufacturing fixtures in the technological preparation of aircraft production in virtual reality mode

The technique of application and practical implementation of the technology of virtual reality in the technological preparation of the production of domestic civil aircraft has been developed. The technique is used to implement the assembly of parts, assemblies and accessories in the aggregate and assembly production on the example of the center section of the An-148 aircraft and the creation of technological planning of workplaces based on designed electronic models. The main provisions of the concepts of system design and manufacture of devices in the mode of virtual reality. The principles of its implementation on the basis of electronic design and technological layouts are proposed. The composition of the main components of the systems and the sequence of stages of stimulation of production technologies for 3D, digital design and technological preparation of production are given.

Keywords: methods, computer-aided design, virtual reality, aggregate assembly, electronic models.

Сведения об авторах

Бычков Сергей Андреевич – технический директор- главный инженер, ГП «Антонов», г. Киев, Украина

Читак Виталий Георгиевич – вице-президент по производству, ГП «Антонов», г. Киев, Украина