

doi: 10.32620/oikit.2019.83.05

УДК 629.07.002:658.52

В.Г. Читак

Концепция применения программно-технического комплекса в среде виртуальной реальности 3D-цифровой конструкторско-технологической подготовки производства агрегатов самолетных конструкций

Государственное предприятие «Антонов» г. Киев, Украина

Разработана общая концепция применения программно-технического комплекса в среде виртуальной реальности в 3D-цифровой конструкторско-технологической подготовки производства, реализованная методикой синтеза электронного макета изделия – центроплана ближнемагистрального самолета Ан 148 в интеграции с корпоративными системами CAD, PDM, BP. Приведен состав программно-аппаратных средств, использованных при разработке методики, соответствующей уровню аналогичных систем зарубежных авиастроительных корпораций, а также состав и архитектура разработанной системы виртуальной реальности и принципы ее функционирования. Изложено содержание этапов 3D-цифровой конструкторско-технологической подготовки производства в разрезе интегрированных информационных производственных систем, проведена отработка центроплана самолета Ан 148 в среде виртуальной реальности и симуляции.

Ключевые слова: концепция, программно-технический комплекс, виртуальная реальность, электронный конструкторско-технологический макет, центроплан самолета Ан 148.

В [1 – 2] были сформулированы основные принципы реализации высокоэффективного производства гражданских самолетов в современных условиях, в развитие которых в [3] были изложены основные положения концепции системы комплексного автоматизированного проектирования и изготовления технологических приспособлений в режиме виртуальной реальности (СКИП/ВР).

Разработана методика применения и практического внедрения в технологическую практику 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 сборки. Ниже обсуждается концепция применения программно-технического комплекса (ПТК) в среде виртуальной реальности в 3D-цифровой конструкторско-технологической подготовке производства (КТПП) агрегатов самолетных конструкций на примере центроплана ближнемагистрального самолета Ан 148 (рисунок 1).

В настоящее время для данных целей ведутся работы по созданию интеграционного решения системы виртуальной реальности и визуальной симуляции, предназначенной для оценочного имитационного моделирования производственных процессов с учетом средств инженерного анализа изготавливаемых деталей, собираемых узлов, агрегатов, сборочных единиц, отсеков фюзеляжа и всего авиационного изделия в целом с учетом проработки их полных цифровых макетов на технологичность и эксплуатационные свойства. Аппаратно ПТК ВР представляет собой мощную рабочую станцию, оснащенную видеоадаптером с поддержкой стереоскопического рендеринга, средством вывода двухпроекционная система, средствами ввода – имитационные трекеры и треккер с обратной связью.

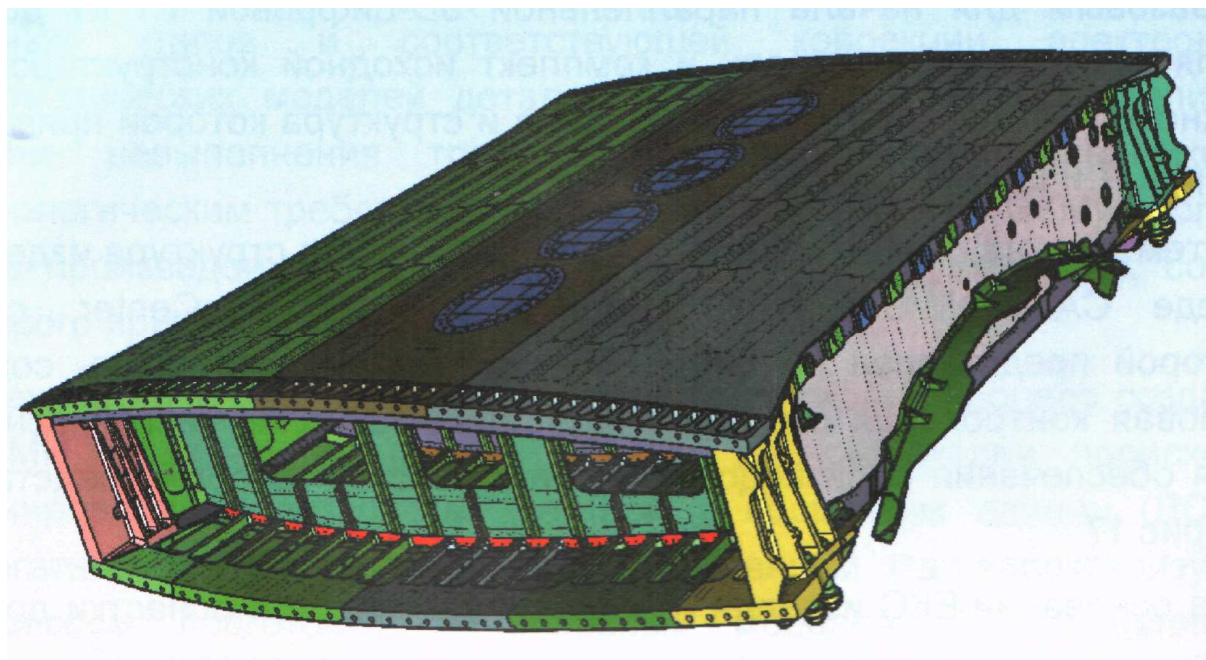


Рис. 1. Внешний вид центроплана Ан 148

Состав программно-аппаратных средств, использованных при разработке данной методики, полностью соответствует уровню аналогичных средств, применяемых в ведущих зарубежных авиастроительных корпорациях. Состав и архитектура системы виртуальной реальности, а также принципы, характеризующие ее функционал и работу системы, приведены ниже на рисунках 2 – 6.

Все преимущества применения технологии виртуальной реальности и визуальной симуляции на всех этапах конструирования, конструкторско-технологической подготовки производства и основного производства изделий авиационной промышленности наиболее полно раскрываются в составе интегрированной информационной производственной среды, в которой обеспечена интеграция на уровне данных, на основании стандартов, обеспечивающих interoperability данных на всех этапах работы с изделием в цифровой форме.

Современная 3D-цифровая КТПП должна представлять собой процесс параллельного инжиниринга, состоящий из нескольких последовательных этапов. Целью современной 3D-цифровой КТПП является создание электронного конструкторско-технологического макета изделия и реализация процессов производства деталей и сборочных единиц изделия, процессов его агрегатной сборки в условиях автоматизированных производственных участков и гибких производственных систем.

Параллельная 3D-цифровая структура КТПП невозможна без взаимоувязки регламентных процедур, определяющих этапы КТПП, и информационных систем, призванных поддерживать эти этапы. Общая схема 3D-цифровой КТПП должна соответствовать:

– в области конструкторско-технологических требований к интегрированной параллельной 3D-цифровой КТПП, с применением информационных систем, приведенной на рис. 7;

– в области информационных интегрированных производственных систем общая схема 3D-цифровой КТПП должна соответствовать схеме рис. 8.

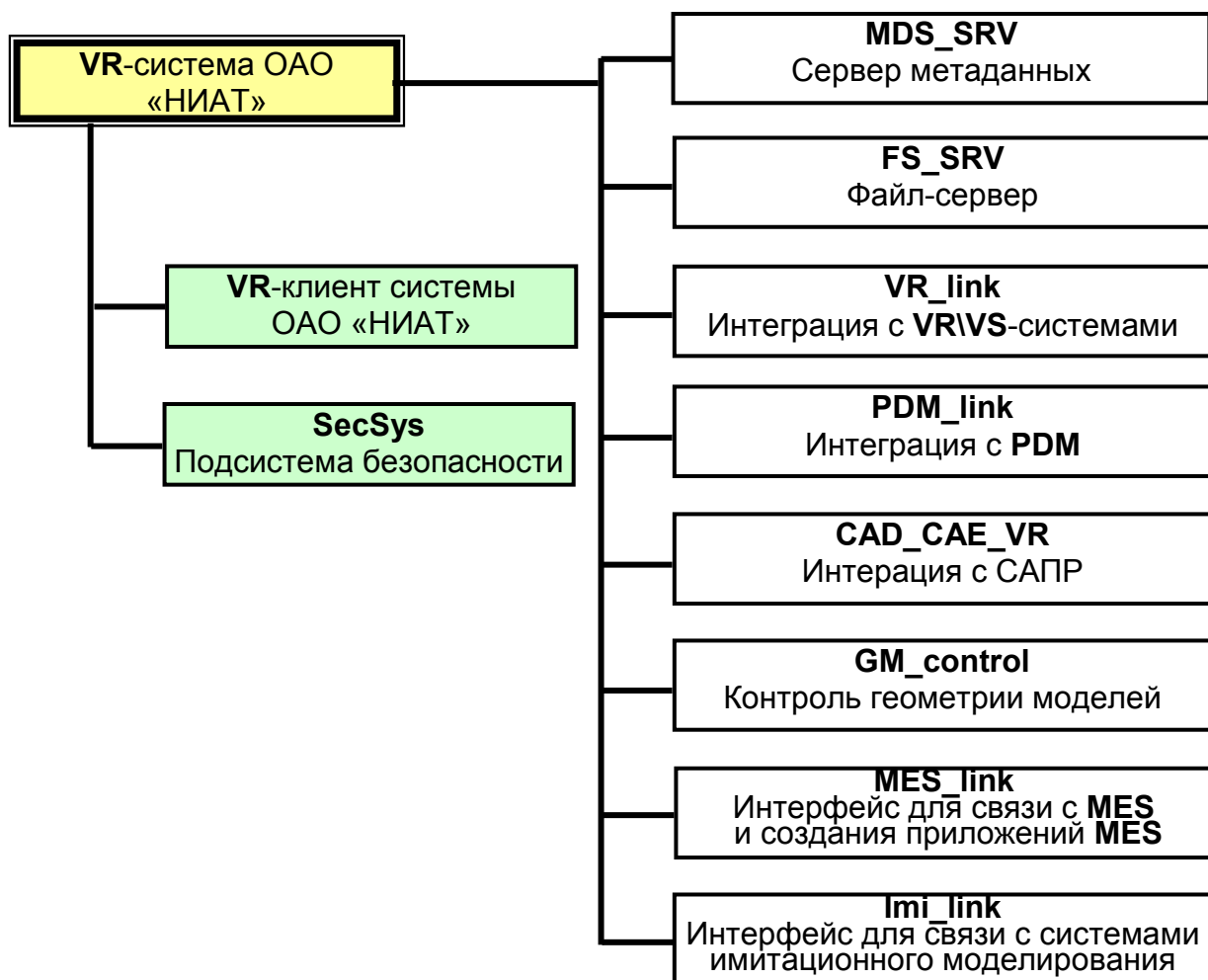


Рис. 2. Состав модулей системы виртуальной реальности для комплексной автоматизации 3D-цифровой КТПП изделий

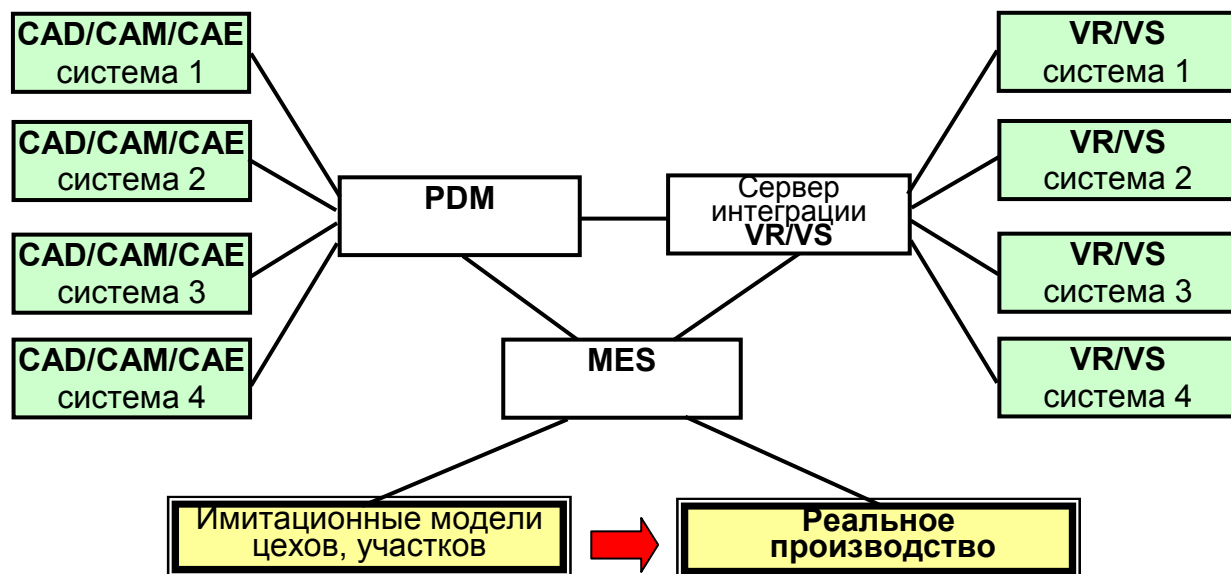


Рис. 3. Принципы интеграции в среде ВР для создания приложений с целью применения 3D-цифровой КТПП изделия

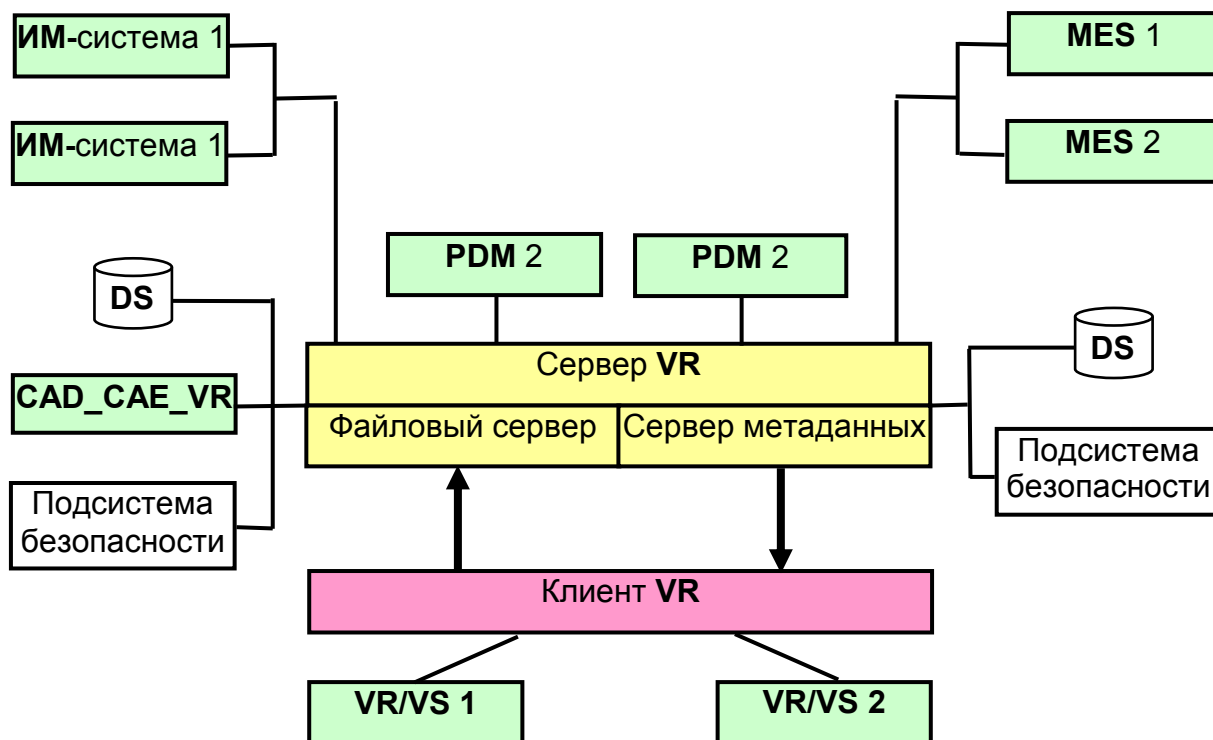


Рис. 4. Системная архитектура VR\VS-системы

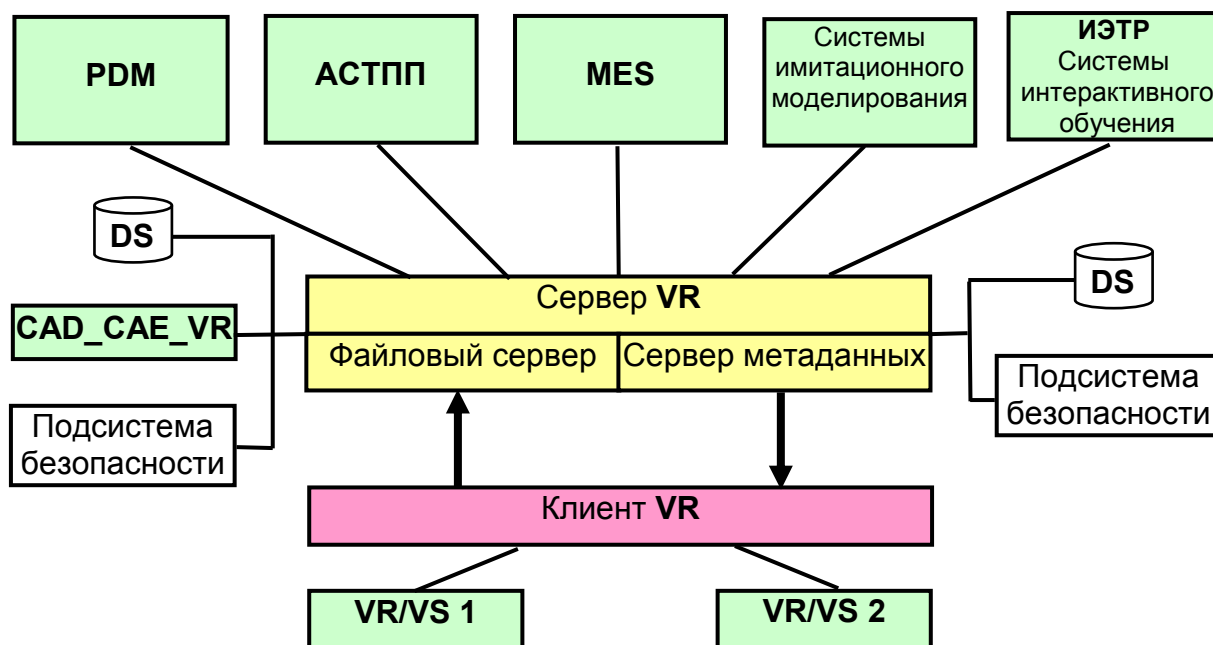


Рис. 5. Полная архитектура VR\VS-системы

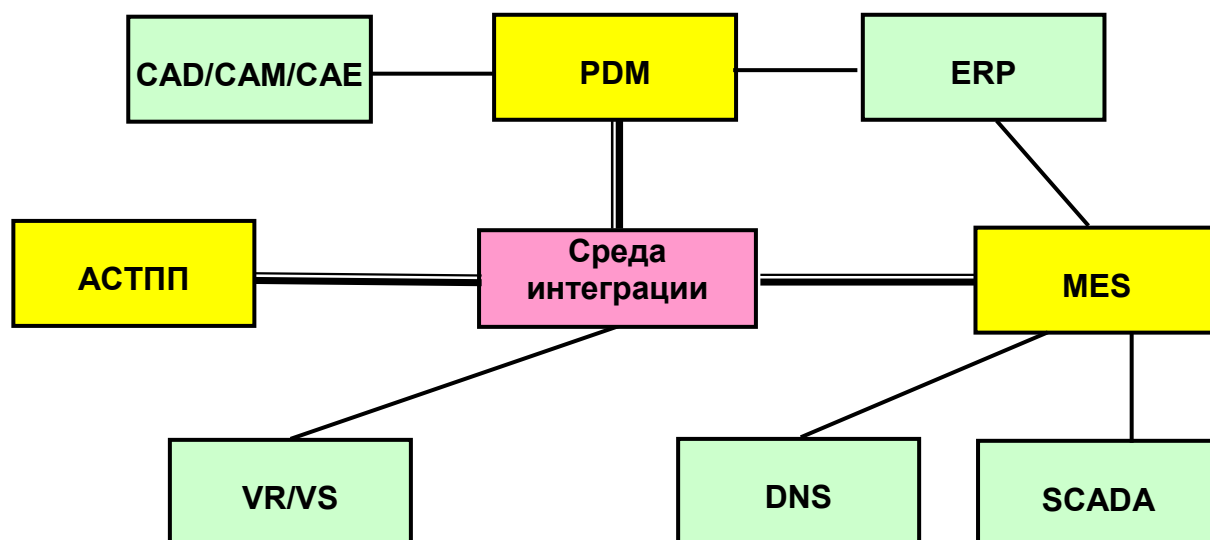


Рис. 6. Принципы интеграции на основе создания интегрированной корпоративной среды, на основе ВР-технологий, для применения в 3D-цифровой КТПП, в основном производстве изделия

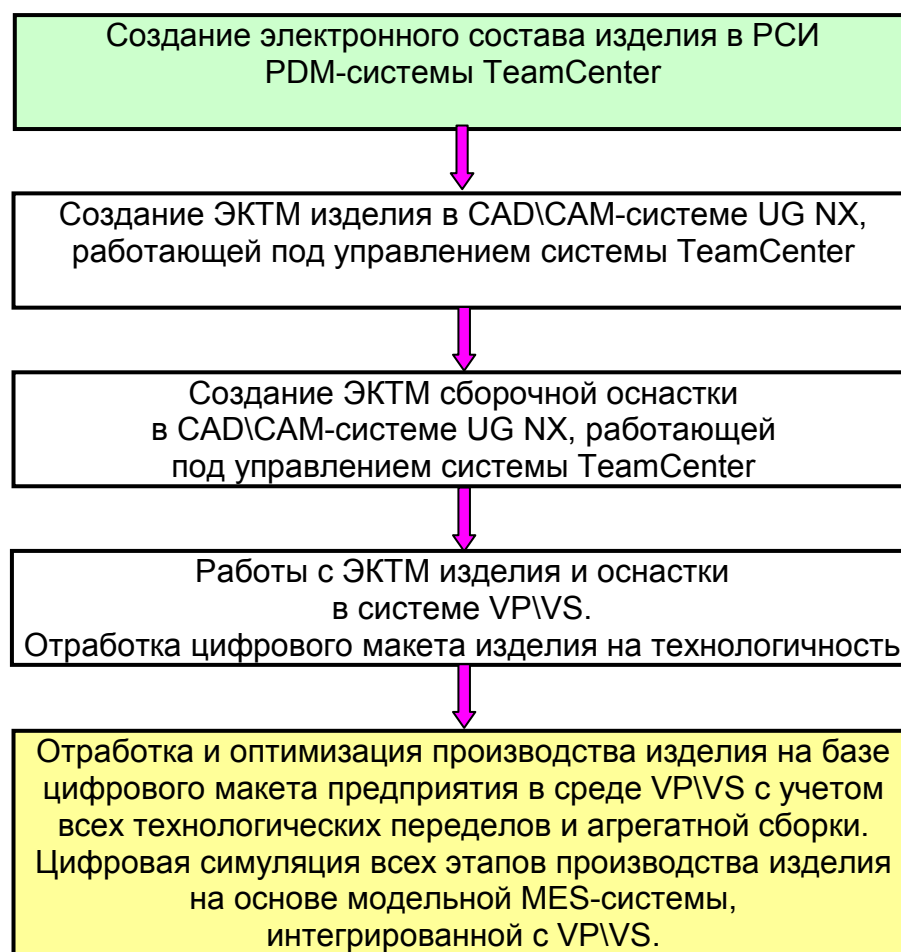


Рис. 7. Этапы 3D-цифровой КТПП в разрезе интегрированных информационных производственных систем

Игнорирование какого-либо компонента вышеприведенных схем, характеризующих 3D-цифровую КТПП, а в особенности отсутствие интегрированной информационной производственной среды не позволит осуществить цифровую КТПП летательных аппаратов, не будет иметь преимуществ по сравнению с традиционно осуществляемой КТПП авиационных изделий, а также будет ей проигрывать по стоимостным и временным показателям.

Базовым для начала параллельной 3D-цифровой КТПП должен являться входной контроль и комплект исходной конструкторской и технологической документации. Затем должна быть создана базовая контрольная структура изделия в среде CAD/CAM/CAE/PDM-системы UG NX\TeamCenter. Параллельно должна быть создана базовая контрольная структура комплекта технологической оснастки для обеспечения производства изделия на основании базовой контрольной структуры (БКС) изделия и БКС технологической оснастки в интегрированной корпоративной среде CAD/CAM/CAE/PDM. В данной работе в качестве интегрированной корпоративной среды рассматривается среда UG NX\TeamCenter. После завершения данного этапа в конструкторской части должен быть создан электронный конструкторский макет изделия (ЭКМИ) в среде CAD/CAM/CAE/PDM системы UG NX\TeamCenter.

После завершения создания электронного конструкторского макета изделия (ЭКМИ) должен производиться процесс контроля геометрии и геометрических увязок электронных моделей деталей и сборочных единиц, составляющих ЭКМИ. Параллельно процессу контроля геометрии и взаимоувязки геометрии электронных моделей происходит процесс контроля геометрической информации и взаимоувязки геометрии электронных моделей деталей и сборочных единиц технологической оснастки.

Дальнейшими этапами параллельной 3D-цифровой конструкторско-технологической подготовки производства в ее конструкторской части должны быть проведены этапы проверки деталей и сборочных единиц на технологичность конструкции, кинематический и прочностной анализы. В случае успешного прохождения данных этапов и соответствующей коррекции электронных математических моделей деталей и сборочных единиц изделия при невыполнении требований к прочности, эргономике и технологическим требованиям производства ЭКМИ должен быть произведен выпуск комплекта рабочей документации.

В технологической части параллельно должен происходить процесс создания ЭКТМИ. На данной стадии происходит планирование производства деталей и сборочных единиц (ДСЕ), агрегатной сборки, рабочих мест. Данный этап характеризуется также процессом подготовки 3D-цифровых моделей ДСЕ изделия и комплекта технологической оснастки, управляющих программ в систему оперативного контроля, диспетчирования и исполнения производственных планов и заданий (MES-систему).

Для обеспечения полной 3D-цифровой КТПП летательных аппаратов необходимо четко придерживаться концепции полного цифрового прототипа изделия, приведенного на рисунке 8, работы с которым ведутся в интегрированной информационной производственной среде, поддерживающей весь жизненный цикл изделия, так как только данная концепция способна обеспечить существенное снижение трудоемкости основного производства, ускорение выпуска новых самолетов, снижение эксплуатационных и ремонтных расходов.

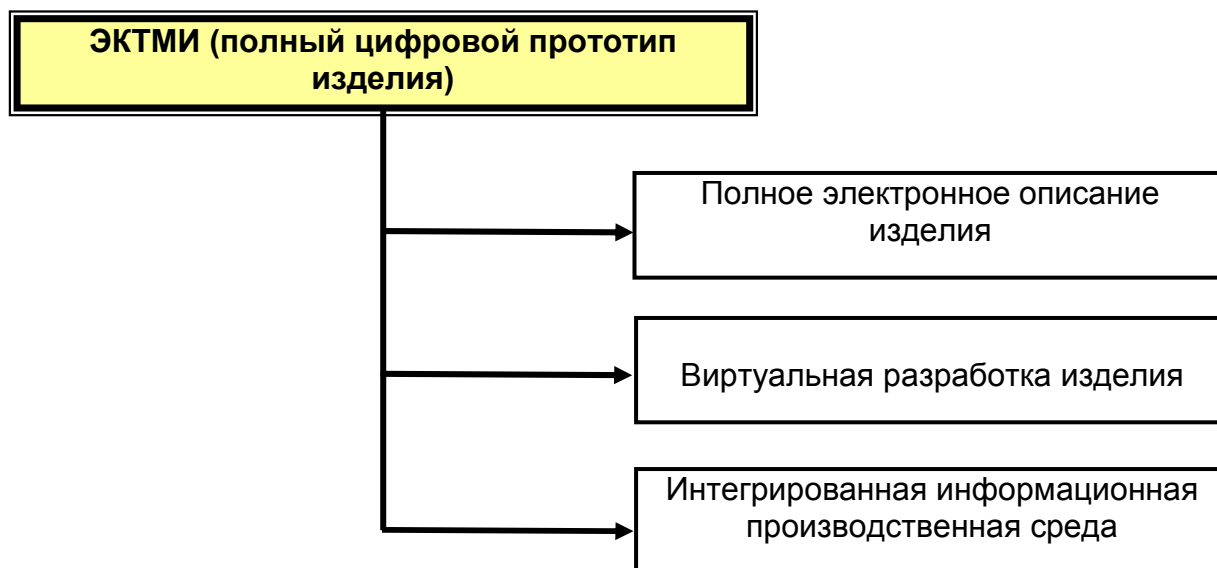


Рис. 8. Состав ЭКТМИ изделия (полный цифровой прототип)

В данной методике схема работ по 3D-цифровой КТПП центроплана среднемагистрального самолета в разрезе интегрированной информационной производственной среды излагается в виде пяти последовательных этапов работ.

На первом этапе в среде корпоративного PDM (в данном проекте используется PDM TeamCenter Engineering 2007 MP8, далее TCE) должен быть создан в редакторе структуры изделия (РСИ) электронный состав изделия (рисунки 9, 10). Электронный состав изделия, созданный на данном этапе, определяет облик будущего изделия, последовательность рабочих процедур по проектированию агрегата и комплекта технологической оснастки для производства документации сборочной единицы (ДСЕ) агрегата и его сборки.

На втором и третьем этапах должно происходить создание ЭКТМ как самого центроплана (рис. 11), так и сборочной оснастки в среде CAD\CAM-системы UG NX6, работающей под управлением среды TCE. На данных этапах исполняются рабочие процедуры по созданию и отработке ЭКТМИ центроплана ближнемагистрального самолета Ан 148.

На четвертом этапе должны производиться работы на геометрическую увязку, собираемость и технологичность центроплана и стапельной оснастки, предназначенной для его сборки в среде виртуальной реальности и визуальной симуляции с использованием систем конечно-элементного анализа, применяемых в прочностных расчетах. симуляции процесса литья, процессов штамповки деталей, кинематическом анализе (рис. 12, 13). Данный этап является определяющим для отработки непосредственно самой конструкции и стапельной оснастки для ее сборки, так как только в иммерсионной стереоскопической среде существует возможность работать с созданной цифровой 3D-моделью изделия, имеющей дополнительные атрибуты (в данном случае 3D-модели центроплана и стапельной оснастки для его сборки), как с полным цифровым макетом, за исключением стадий симуляции и имитации сборочных процессов в цехе, обработки деталей на оборудовании с ЧПУ и других производственных операциях.

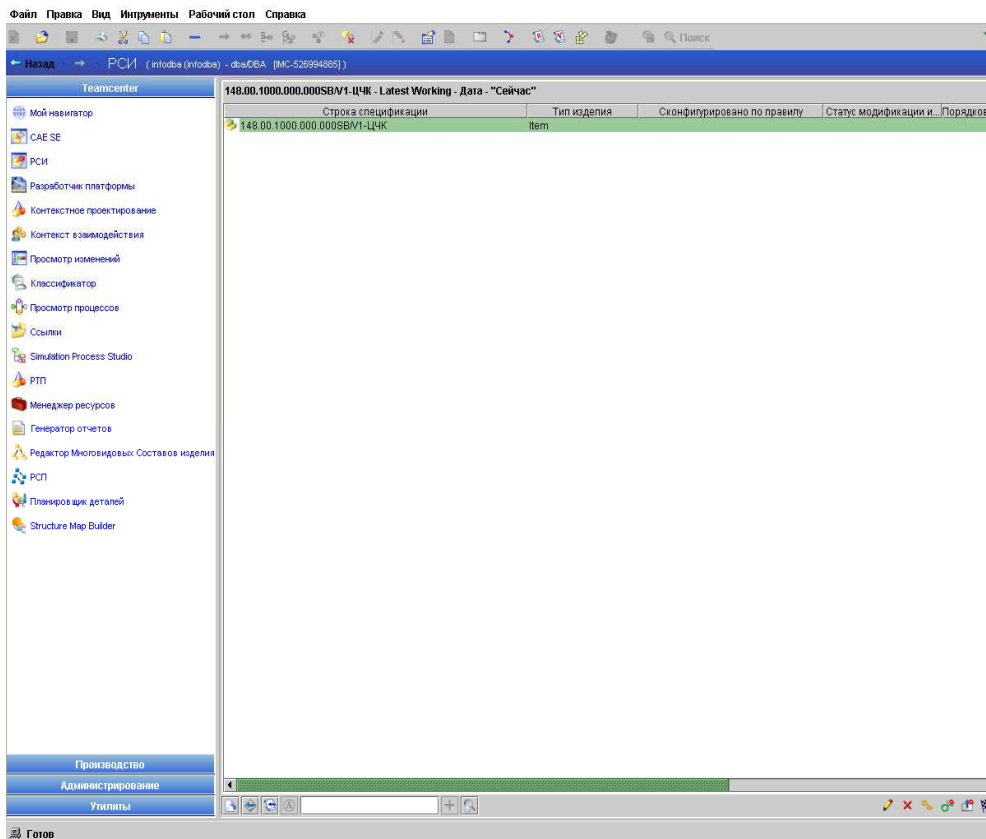


Рис. 9. Создание электронного состава центроплана ближнемагистрального самолета Ан 148

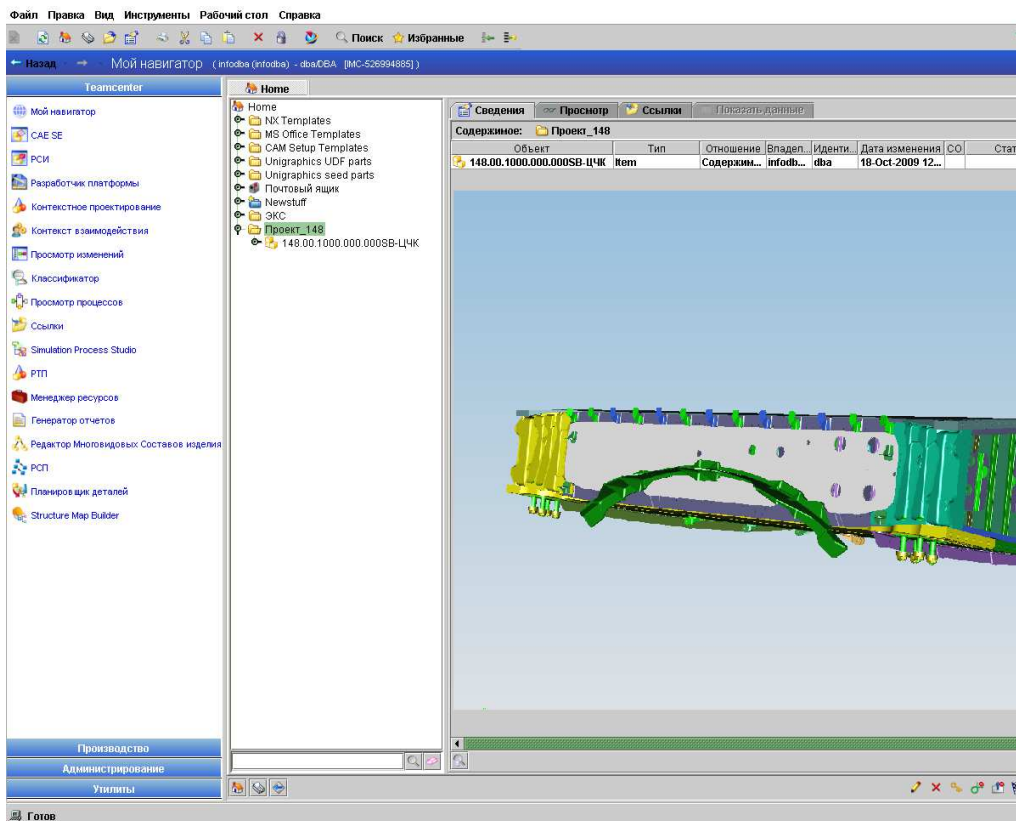


Рис. 10. Работа с изделием в среде TeamCenter

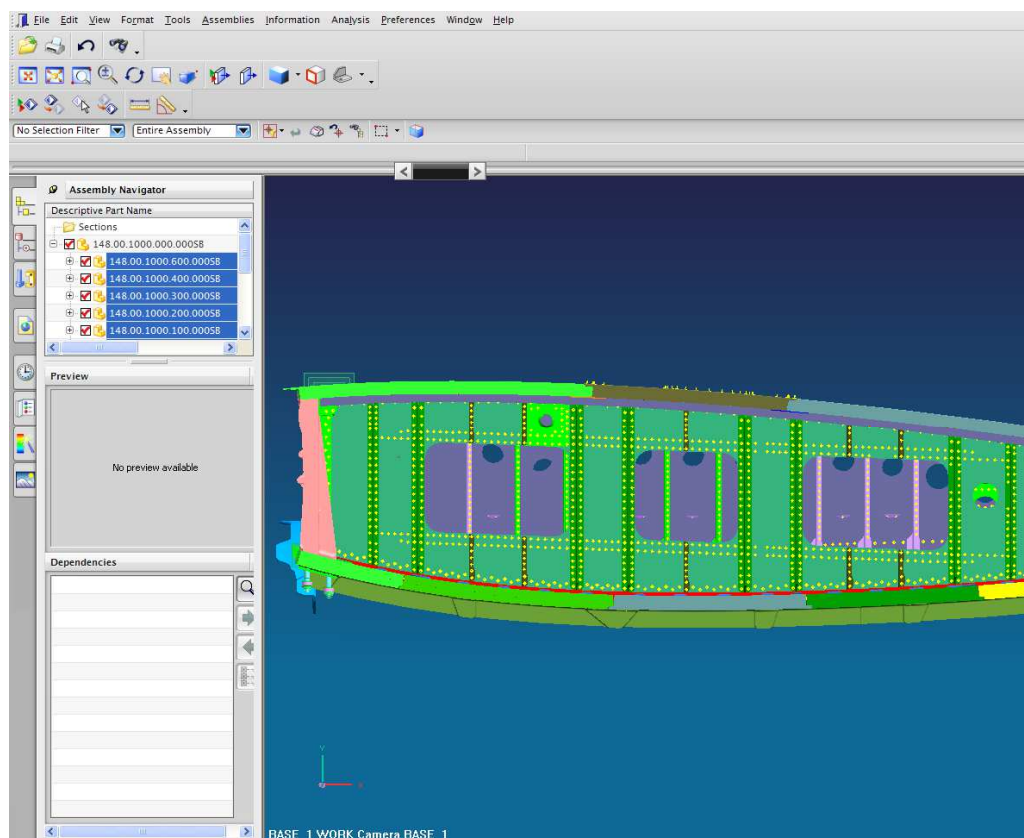


Рис. 11. Работа с центропланом в среде UG NX

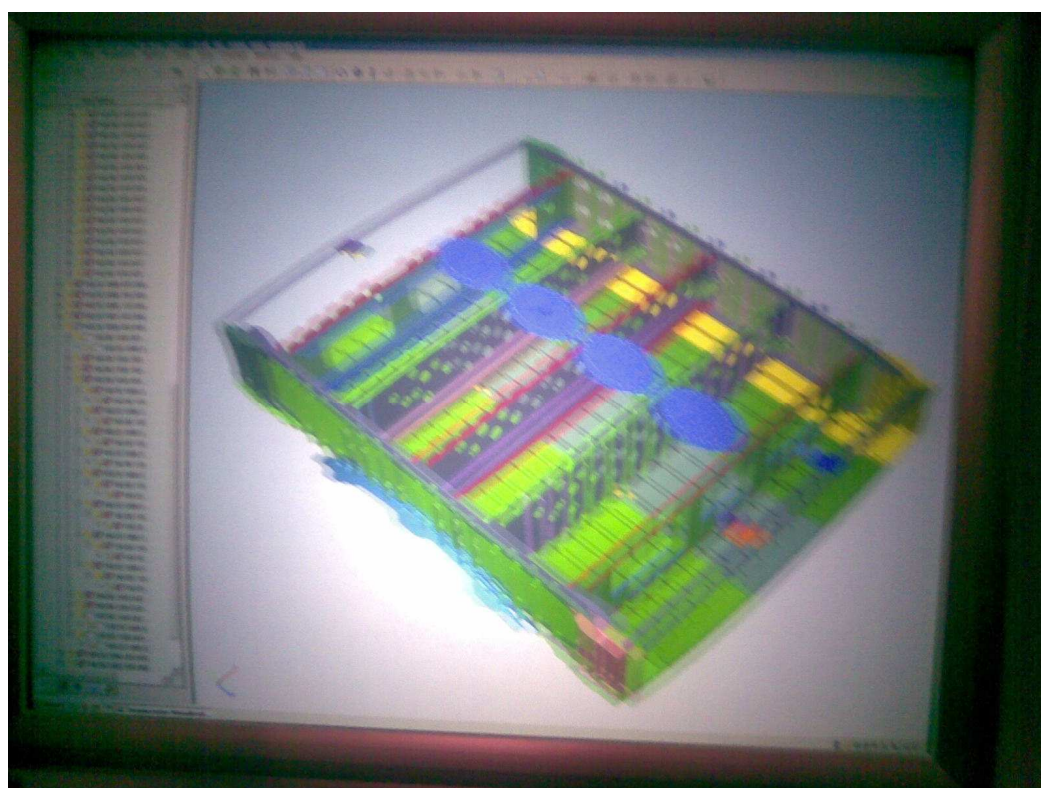


Рис. 12. Отработка центроплана в среде виртуальной реальности и симуляции

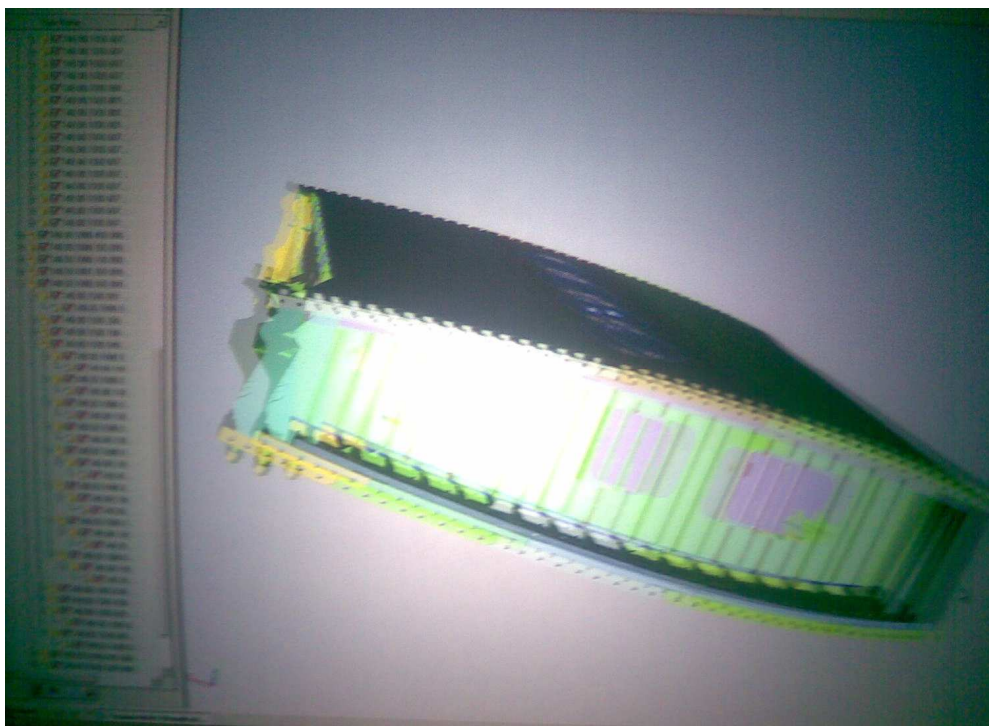


Рис. 13. Инженерная визуализация центроплана в среде виртуальной реальности

На пятом этапе в начальной стадии создается имитационная модель цехов серийного завода, на основе геометрических параметров цехов, выбранного оборудования, 3D-цифровых моделей агрегатов летательного аппарата и стапельной оснастки для их сборки. В данной имитационной модели можно выделить два подуровня: цифровая имитационная модель серийного завода и полный цифровой макет серийного завода.

Под цифровой имитационной моделью серийного завода понимается совокупность взаимосвязанных имитационной модели (в рамках дискретно-событийного имитационного моделирования – в среде Tecnomatix emPlant) и 3D-симуляционных моделей цехов, оборудования, агрегатов летательных аппаратов и стапельной оснастки (в среде Tecnomatix Assembly Planning&Validation, Tecnomatix Part Manufacturing, Tecnomatix Plant Design&Optimisation). Данная модель предназначена для оптимизации технологических процессов производства авиационной техники.

На основании данных моделирования, при получении близких к оптимальным технологических процессов возможно, при переходе к цифровой КТПП, снизить трудоемкость изготовления агрегатов летательных аппаратов, уменьшить время запуска агрегатов в серию, сократить время производственных операций.

Полный цифровой макет завода подразумевает использование достаточно точных моделей производственного оборудования, рабочих, производственного окружения. Помимо оптимизации технологических процессов при цифровой КТПП, полный цифровой макет завода позволяет получить настроенную, на базе моделей производственного оборудования, MES-систему, готовую к внедрению на серийный завод. На данном этапе важной является интеграция (на уровне данных, на уровне мастер-данных) PDM и MES-систем.

Выводы

1. Разработанная общая концепция применения программного технического комплекса в среде виртуальной реальности в 3D-цифровой конструкторско-технологической подготовке производства, реализована методика синтеза электронного макета изделия – центроплана ближнемагистрального самолета Ан 148 в интеграции с корпоративными системами CAD, PDM, BP.

2. Общая методика рекомендована для инженерно-технического персонала самолетостроительных предприятий, занимающихся обработкой на технологичность и запуском в серийное производство гражданских отечественных самолетов.

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. Бычков С. А. Методика реализации системы автоматизированного конструирования и изготовления приспособлений при технологической подготовке самолетостроительного производства в режиме виртуальной реальности / С. А. Бычков, В.Г. Читак // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 4 (82).– Х., 2018. – С 47-59.

References

1. Chitak V. G. Sostojanie i perspektivy razvitija aviastroenija Ukrainy v sovremennyh uslovijah / V.G. Chitak // Voprosy proektirovanija i proizvodstva konstrukcij letatel'nyh apparatov: sb. nauch. tr. Nac. azerokosm. un-ta im. N.E. Zhukovskogo «HAI». – Vyp. 2 (94).– H., 2018. – S. 7 – 18.

2. Chitak V. G. Analiz sovremennogo sostojanija informacionnoj podderzhki avtomatizirovannyh tehnologicheskix processov proizvodstva otechestvennyh grazhdanskih samoletov / V.G. Chitak // Voprosy proektirovanija i proizvodstva konstrukcij letatel'nyh apparatov: sb. nauch. tr. Nac. azerokosm. un-ta im. N.E. Zhukovskogo «HAI». – Vyp. 3 (95).– H., 2018. – S. 7 – 19.

3. Bychkov S. A. Metodika realizacii sistemy avtomatizirovannogo konstruirovaniya i izgotovleniya prisposoblenij pri tehnologicheskoj podgotovke samoletostroitel'nogo proizvodstva v rezhime virtual'noj real'nosti / S.A. Bychkov, V.G. Chitak // Otkrytye informacionnye i komp'juternye integrirovannye tehnologii: sb. nauch. tr. Nac. azerokosm. un-ta im. N.E. Zhukovskogo «HAI». – Vyp. 4 (82).– H., 2018. – S 47-59.

Поступила в редакцию 04.03.2019, рассмотрена на редколлегии 08.03.2019.

Концепція застосування програмно-технічного комплексу в середовищі віртуальної реальності 3D-цифрової конструкторсько-технологічної підготовки виробництва агрегатів літакових конструкцій

Розроблено загальну концепцію застосування програмно-технічного комплексу в середовищі віртуальної реальності в 3D-цифровий конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, яка реалізована методикою синтезу електронного макету виробу - центроплана близькомагістрального літака Ан 148 в інтеграції з корпоративними системами CAD, PDM, BP. Наведено склад програмно-апаратних засобів, використаних при розробці методики, яка відповідає рівню аналогічних систем зарубіжних авіабудівних корпо-рацій, а також склад і архітектура розробленої системи віртуальної реальності і принципи її функціонування.

Викладено зміст етапів 3D-цифровий конструкторсько-технологічної підготовки виробництва в розрізі інтегрованих інформаційних виробничих систем, проведено відпрацювання центроплана літака Ан 148 в середовищі віртуальної реальності і симуляції.

Ключові слова: концепція, програмно-технічний комплекс, віртуальна реальність, електронний конструкторсько-технологічний макет, центроплан літака Ан 148.

The concept of using software and hardware complex in a virtual reality environment 3D digital design and technological preparation of production units of aircraft structures

A general concept has been developed for application of a software and hardware complex in a virtual reality environment in 3D-digital design and technological preparation of production, implemented by the method of synthesizing an electronic model of a product — the center section of an An-148 short-range aircraft in integration with corporate CAD, PDM, BP systems. The composition of software and hardware used in the development of the methodology corresponding to the level of similar systems of foreign aircraft manufacturers, as well as the composition and architecture of the developed system of virtual reality and the principles of its operation are given. The content of the stages of a 3D-digital design and technological preparation of production in the context of integrated information production systems has been outlined, the center-plane of the An 148 aircraft has been tested in a virtual reality and simulation environment.

Key words: concept, software and hardware complex, virtual reality, electronic design and technological layout, central plane of the An 148 aircraft.

Сведения об авторах

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