

Для ссылок : название журнала
и выходные данные статьи:

Огородников А.И. Организация распределенной системы
автоматизированного проектирования в частном облаке /
Автоматизация в промышленности. 2023. № 5. С. 30-33.

Организация распределенной системы автоматизированного проектирования в частном облаке

Алексей Игоревич Огородников

Уральский федеральный университет

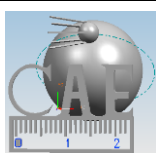
A.I.Ogorodnikov@urfu.ru

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, промышленный робот, распределенная система проектирования, виртуальная машина, частное облако, информационная безопасность.

Аннотация. В частном облаке университета организовано выполнение студенческими командами машиностроительных проектов с использованием программного обеспечения компании АСКОН. Сформирована инфраструктура распределенного проектирования. На виртуальной машине расположен сервер лицензий и настроена система управления базой данных (СУБД) проектов PostgreSQL. Преимуществом выбранной СУБД является свободное распространение и возможность функционирования под операционными системами (ОС) Windows или Linux. В облаке сформирована типовая электронная структура изделия (ЭСИ) для 6-осевого манипуляционного робота с учетом мехатронного состава объекта проектирования. Иерархическое представление электронных документов в ЭСИ позволит осуществлять многовариантное проектирование промышленных роботов студентами магистратуры с применением современных концепций и цифровых технологий.

Введение

Разработка распределенных систем хранения, передачи и редактирования технических документов [1] на отечественной платформе [2] становится важным направлением развития автоматизированного проектирования в условиях вынужденного импортозамещения. Распределенные системы проектирования функционируют с использованием облачных сервисов [3]. При организации распределенного проектирования необходимо учитывать, что конструкторские и производственные подразделения крупных корпораций могут располагаться в разных географических точках и должны по безопасным каналам подключаться к информационной системе в удаленном режиме [4]. В еще большей степени проявляют интерес к облачным сервисам проектирования малые предприятия, для которых аренда облачных ресурсов и проектный аутсорсинг обоснованы экономией времени и затрат [5] на этапе создания конструкторско-технологической документации. Для машиностроительной отрасли в целом отказ зарубежных поставщиков внедрять и обслуживать технологические комплексы актуализирует весь спектр организационных



Екатеринбург · · · · +7 (343) 375 94 03

1

al.ogorodnikov@bk.ru · · · · <https://cae.urfu.ru/>

© Техноцентр компьютерного инжиниринга УрФУ · · 2024

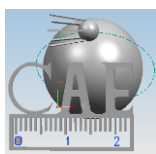
мероприятий по восстановлению связей с университетами, где ведется планомерное исследование современных методов проектирования [6]. В частности, с привлечением интеллектуальных ресурсов университетов можно решать вопросы концептуального построения и математического обеспечения программных комплексов для цифрового производства. Цель данной работы заключается в формировании аппаратно-программного решения для выполнения машиностроительных проектов в частном облаке университета с возможностью подключения к студенческому проектированию заводских специалистов в качестве кураторов и постановщиков задач.

Виртуальная машина для выполнения машиностроительных проектов в частном облаке

В данной работе проанализированы различные варианты организации проектирования с использованием облачных сервисов и программного обеспечения CAD/CAE/CAM/CAPP/PDM/PLM. На базе программных и аппаратных ресурсов университета реализован оптимальный вариант организации распределенной системы проектирования, когда участники команды подключаются к сервисам и данным проекта удаленно или из локальной корпоративной сети. Проектирование изделий машиностроения с использованием программного обеспечения решает ряд задач, которые целесообразно решать на локальных компьютерах участников, прежде всего - геометрическое моделирование деталей и сборочных единиц, подготовку управляющих программ. Соответствующие программы CAD и CAM в распределенной системе проектирования устанавливаются на персональных компьютерах и используются индивидуально. Пользователей в процессе конструирования объединяют облачные сервисы, в частности, сервер лицензий программы CAD, который может быть расположен в облаке. Кроме того, функции хранения данных проекта, а также управления данными и согласованной работой команды организованы как облачные сервисы.

Облачные сервисы сконцентрированы на выделенной виртуальной машине, работа которой основана на технологии виртуализации Hyper-V. В технологии Hyper-V используется низкоуровневая оболочка и гипервизор (диспетчер виртуальных машин) Windows, который управляет доступом к оборудованию и формирует для виртуальной машины изолированную среду. Hyper-V иницирован в 64-разрядной профессиональной версии Windows 10. Вариант виртуализации в Windows 10 отличается от Windows Server 12 следующими преимуществами: быстрое создание виртуальных машин, использование сети по умолчанию, управление памятью с учетом запуска локального программного обеспечения на клиентских компьютерах. При этом сложности с использованием графических процессоров на виртуальной машине преодолеваются запуском программ CAD\ CAM на персональных компьютерах участников проекта.

Виртуальная машина представляет собой аналог сервера в облачной инфраструктуре и относится к программно-аппаратным инструментам совместного проектирования. Фактически виртуальная машина создается как программно-определяемый компьютер на физическом сервере со своим уникальным идентификатором. При этом для участника проектной команды работа на виртуальной машине отличается от выполнения проектной работы на физическом компьютере лишь необходимостью подключения к сетевым ресурсам через интернет или локальную сеть. Виртуальная машина наделена центральным процессором с заданным количеством ядер, дисками и памятью. Ресурсы виртуальной машины можно адаптивно варьировать в зависимости



от текущих потребностей проекта. Производительность и мощность виртуальной машины меняется программно без отключения физического сервера в зависимости от текущей загрузки. Например, при настройке виртуальной машины и установке комплекса решений АСКОН в данной работе возникла необходимость увеличить дисковую память. Изменение дисковой памяти выполняется с помощью утилиты и занимает не более двух минут.

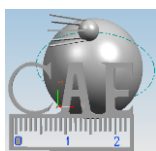
Эффективное использование виртуальной машины обеспечивается рядом облачных сервисов, которые меняют привычный характер проектирования и администрирования проектов. К таким сервисам относится масштабирование вычислительных ресурсов и их динамическое распределение по физическим серверам; подключение различных видов клиентских устройств через стандартные протоколы передачи данных; постоянный контроль за использованием выделенных ресурсов.

В данной работе организовано выполнение машиностроительных проектов студентами в частном облаке университета. Это означает, что серверная инфраструктура принадлежит университету и размещается в центре обработки данных. Выделенные специалисты центра обеспечивают обслуживание физических серверов и безопасность данных. Преподаватель имеет права администратора виртуальной машины, устанавливает операционную систему и инженерное программное обеспечение, назначает права пользователям, формирует и проверяет файловую структуру проекта. В настоящее время инженерные программы компании АСКОН работают под операционной системой Windows, но готовится переход на Linux. Частное облако позволит установить оба варианта программного обеспечения и работать с ними параллельно и независимо, поскольку гипервизор одновременно запускает разные операционные системы на виртуальных машинах.

Облачное проектирование изделий машиностроения

Технически система проектирования в облаке состоит из серверной части, которая объединяет работу распределенных участников команды, и клиентской части, которая обеспечивает выполнение работы каждым участником. Мероприятия по организации командной работы включают распределение ролей, структурирование файлов проекта и предоставление сетевого доступа к ресурсам с ограничением прав отдельных пользователей, которым разрешается редактировать или только просматривать сегменты данных.

На виртуальной машине располагаются коллективные ресурсы для разработки проекта в облаке командой участников, прежде всего – хранилище данных и сервер лицензионного программного обеспечения. Данные проекта хранятся в формате электронной структуры изделия (ЭСИ), состав которой регламентируется стандартами Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) [7]. Следует отметить, что недостатком действующих стандартов ЕСКД является слабая проработка вопросов проектирования мехатронных изделий. Стандарты подробно описывают требования к оформлению традиционной документации по конструированию механической части машин. Вместе с тем, современные машины представляют собой мехатронные изделия, проектирование которых включает разработку механических узлов, приводов, электроники, системы управления и программного обеспечения [8]. В данной работе сформирована конструктивная ЭСИ для 6-осевого манипуляционного робота на стадии эскизного проекта, которая отражает междисциплинарный характер командной работы. В качестве среды разработки автоматизированного электропривода и симуляции системы автоматического управления выбран комплекс SimInTech, который



соизмерим по соответствующим функциям с MatLab Simulink и позволяет на выходе формировать управляющие программы для отечественных контроллеров.

Обсуждая проблематику облачного проектирования, следует отметить специфику конструирования изделий машиностроения, которая заключается в необходимости визуально представлять геометрию больших сборок в рабочем окне. Динамическое обращение к объемной геометрии составляет ресурсоемкую проблему облачного проектирования для изделий, сборка которых насчитывает более 1000 деталей. В данной работе проблема больших сборок оказалась неактуальной, поскольку в студенческих проектах количество деталей в сборке не превышает 200 единиц. Более того, в манипуляторе промышленного робота применяется много покупных и стандартных изделий, которые в сборке представлены схематично.

Аппаратное обеспечение облачного проектирования

Облачная проектная работа проводится в университете студентами под руководством преподавателей и сопровождается технической поддержкой инфраструктуры, которая включает аппаратные компоненты и средства связи.

К аппаратному обеспечению облачного проектирования относятся физические серверы (унифицированные и однотипные вычислительные узлы), размещенные в центре обработки данных (ЦОД); системы хранения данных (жесткие диски для хранения и аварийного восстановления проектных данных); коммуникационное оборудование (коммутаторы, балансировщики нагрузки, маршрутизаторы) для обеспечения постоянного доступа участников проекта к данным; межсетевые экраны; клиентские компьютеры участников. Центр обработки данных УрФУ содержит 70 физических серверов с двумя независимыми источниками питания и системами кондиционирования\ вентиляции\ пожаротушения, 500 виртуальных машин, 2 системы хранения данных и систему резервного копирования.

В данной работе проектирование организовано в частном облаке УрФУ по регламенту IaaS (Infrastructure as a Service), когда организаторы облачных сервисов и пользователи являются сотрудниками или студентами университета. Соответственно, администрирование облачными сервисами распределяется между инженерной службой ЦОД и преподавателем, как показано на рисунке.

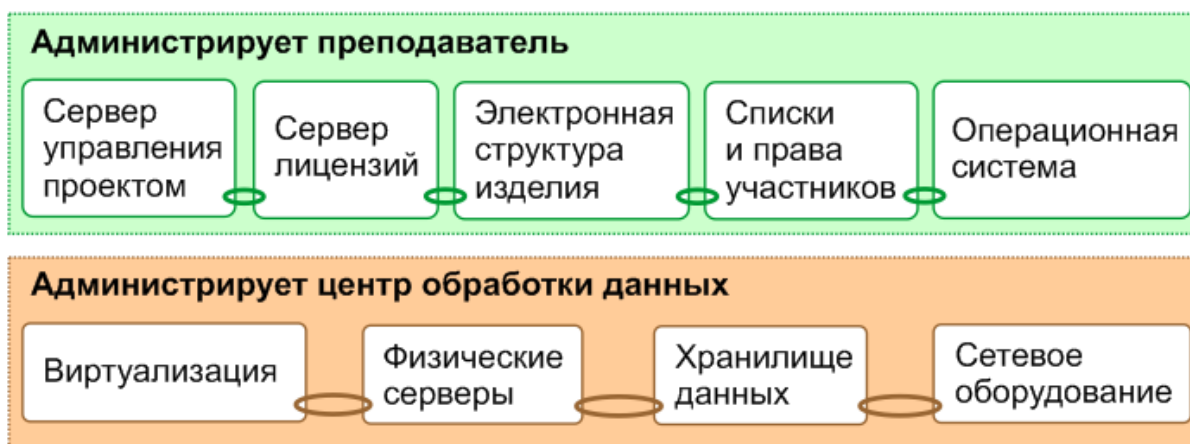
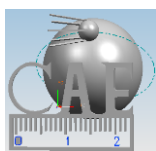


Рисунок. Модель обслуживания сервисов частного облака УрФУ по регламенту IaaS



Программное обеспечение облачного проектирования

В качестве основы автоматизированного проектирования промышленных роботов в идеологии жизненного цикла изделий выбрано программное обеспечение от Группы компаний АСКОН. Для управления документами и файлами студенческих проектов на виртуальной машине установлена система управления базами данных (СУБД) PostgreSQL. Отличительной особенностью выбранной СУБД является возможность работы под операционными системами (ОС) Windows или Linux. Установка СУБД PostgreSQL под ОС Linux в частном облаке соответствует стремлению предприятий машиностроительной отрасли к использованию отечественного или свободного программного обеспечения.

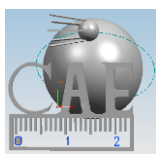
В инженерном проектировании используется ресурсоемкое и дорогостоящее программное обеспечение. Не меньшую ценность представляют результаты проектирования, архивы и базы данных. Поэтому для обслуживания проектной деятельности в облаке также используется специализированная программная среда. К программному обеспечению облачного проектирования относятся сервисы для управления и мониторинга виртуальных машин, резервного копирования инфраструктуры пула вычислительных ресурсов; сервисы для предоставления доступа к виртуальным машинам; коммуникационное программное обеспечение для передачи данных; сервисы безопасного подключения участников команды.

В данной работе проектная деятельность организована с использованием облачных технологий Microsoft Azure. В частном облаке развернута операционная система, включенная в домен Active Directory рабочей сети университета. Доменная среда (служба каталогов) Microsoft Active Directory объединяет все сетевые объекты университета и выполняет функцию аутентификации и авторизации как пользователей, так и приложений. Современная организация службы каталогов обеспечивает высокий уровень безопасности данных за счет единого хранилища учетных записей на выделенных серверах домена и использования совершенных протоколов для аутентификации в доменной среде. Проектные данные доступны участникам команды по проводной локальной сети через интерфейс Ethernet, а также извне с возможностью подключения через сетевой туннель Virtual Private Network (VPN).

Гибкую настройку виртуальной машины обеспечивает программный инструмент Virtual Desktop Infrastructure (VDI). Технологии VDI облегчают администрирование проектной деятельности в облаке за счет централизованной политики обслуживания, настройки интерфейса, раздачи лицензий участникам. Платформой виртуализации служит программное обеспечение Citrix XenDesktop, которое соединяет участника с виртуальной машиной и позволяет для каждого пользователя задавать личные настройки интерфейса.

Обеспечение безопасности проектных данных

Административные мероприятия по безопасности проектных данных включают резервное копирование, сегментацию корпоративной сети, установку межсетевых экранов. Используемая СУБД PostgreSQL имеет свои средства для безопасного хранения данных. Любое соединение клиентских приложений с сервером базы данных шифруется криптографическим протоколом Transport Layer Security (TLS), который предполагает предоставление по запросу цифрового сертификата и шифрование сессии с использованием сеансового ключа. Для обеспечения безопасности проектных данных принята также система мандатного управления доступом к информации в частном



облаке, которая предполагает деление пользователей на три категории: владелец виртуальной машины, администраторы виртуальной машины и базы данных, участники проекта. Для участников проекта предусмотрено три типа действий по обработке данных: чтение, запись, выполнение задания. При этом все настройки безопасности для подключения пользователей к информации о жизненном цикле изделия вынесены в закрытый контур под управление сервисов программного обеспечения АСКОН.

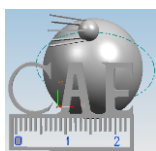
Комплекс решений АСКОН для управления жизненным циклом изделий (ЖЦИ), который включает базу ПОЛИНОМ и сервисы управления ЛОЦМАН, обозначает в системе своих администраторов и пользователей. Пользователи инженерной инфраструктуры могут выполнять роль конструктора, технолога, программиста, нормоконтролера, руководителя. Назначенные в системе ЖЦИ пользователи и администраторы имеют свои учетные записи и пароли, которые не коррелируют с пользователями базы данных PostgreSQL и пользователями операционных систем. Таким образом, работа участников в проекте поддерживается трехзвенной структурой контура безопасности, когда в системе ЛОЦМАН назначается администратор для редактирования файловой структуры, в СУБД PostgreSQL назначается администратор для добавления и редактирования записей, а вход осуществляется через учетные данные пользователей домена во внутренней сети университета. Вместе с тем, настройка безопасности входа возможна по данным учетной записи пользователей операционной системы Windows или членов домена Active Directory. Такая настройка возможна, но не является предпочтительной.

В итоге после настройки баз данных контроль безопасности инкапсулируется внутри программного комплекса АСКОН, и дальнейшие изменения или назначения производятся внутри программы ЛОЦМАН. Так, для участников с ролевыми установками конструктора или технолога права доступа к файлам ограничены разным набором разрешений. Общий каталог файлов проекта и файлов пользователей монтируется как сетевой диск и становится доступен для всех, кому разрешён доступ. Система отслеживает командную работу со структурой изделия. Это означает, что конкретный файл может быть открыт только одним участником, для других участников такой файл будет заблокирован и перемещен в пространство с маркировкой «в работе». Описанный элемент безопасности проектных данных позволяет избежать появления в структуре дубликатов и ошибочных записей.

Заключение

В частном облаке университета создана виртуальная машина, которая настроена для выполнения опытно-конструкторских работ студентами с использованием технологий облачного проектирования и распределенного производства. В качестве объекта проектирования выбран промышленный манипуляционный робот, для которого составлена типовая электронная структура изделия (ЭСИ). Функциональная ЭСИ на стадии технологического предложения и конструктивная ЭСИ на стадии эскизного проекта связаны с системой управления базами данных PostgreSQL через систему управления жизненным циклом изделия ЛОЦМАН.

Публикация осуществляется в рамках проекта "Создание межвузовской распределенной среды проектирования на базе отечественного программного обеспечения для реализации качественного проектного обучения", реализуемого победителем грантового конкурса для преподавателей магистратуры 2022/2023 Стипендиальной программы Владимира Потанина. Программное обеспечение для



проектирования изделий машиностроения в облаке предоставлено Группой компаний АСКОН. Автор благодарит специалиста технической поддержки компании АСКОН-Урал Эдуарда Юрьевича Журавлева за квалифицированную помощь в настройке программных решений жизненного цикла изделий.

Литература

1. Петрунин В. В., Нетронин И. В., Комиссаров К. В., Звягин Е. А., Повереннов Е. Ю., Тоскин Д. В. Электронный технический документооборот машиностроительных предприятий атомной отрасли в контуре PLM // Автоматизация в промышленности. 2022. № 9. С. 55-58.
2. Огородникова О. М., Ваганов К. А., Юшков И. В. Адаптация стандартов ЕСКД для проектирования промышленных роботов в интегрированной программной среде // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2015. № 2. С. 49-55.
3. Дуданов Е. Применение автоматизированных систем распределенного проектирования конструкторско- технологической документации на предприятиях машиностроения // САПР и графика. 2019. № 1 (267). С. 48-49.
4. Ogorodnikova O. M., Putimtsev I. D., Vaganov K. A. Methodology for cloud-based design of robot // AIP Conference Proceedings. 2017. V. 1886. AN 020017.
5. Гусейнова В. А., Богданова А. А. Анализ обычных сервисов на примере модели для компаний среднего и крупного бизнеса // Менеджмент социальных и экономических систем. 2018. № 2. С. 5–11.
6. Огородникова О. М., Власов В. Н. Проектирование мехатронных систем в облаках и управление проектом в среде Siemens TeamCenter // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2017. № 4. С. 78-86.
7. ГОСТ 2.053-2013. Электронная структура изделия. Общие положения // Москва: Стандартинформ. 2019. 10 с.
8. Pronichev I. M., Ogorodnikova O. M. Interdisciplinary design of mechatronic systems based on the integration of separate software // AIP Conference Proceedings. 2022. V. 2466. AN 070009.

