**Текущее состояние и перспективы развития вопросов разработки специального математического обеспечения ЦУП в части перехода на отечественные операционные системы и внедрения отечественного ОМО**

[Необходимость перехода на отечественные операционные системы и прочее отечественное общее математическое обеспечение 2](#_Toc70015705)

[Состав используемого программного обеспечения 3](#_Toc70015706)

[Импортозамещение операционных систем 4](#_Toc70015707)

[Используемые операционные системы 4](#_Toc70015708)

[Критерии выбора отечественных операционных систем для импортозамещения 5](#_Toc70015709)

[Отечественные операционные системы для использования в ЦУП 6](#_Toc70015710)

[Импортозамещение систем виртуализации 6](#_Toc70015711)

[Используемые системы виртуализации 6](#_Toc70015712)

[Отечественные системы виртуализации для использования в ЦУП 7](#_Toc70015713)

[Перенос имеющихся виртуальных машин на отечественные средства виртуализации 8](#_Toc70015714)

[Импортозамещение систем управления базами данных 8](#_Toc70015715)

[Используемые системы управления базами данных 8](#_Toc70015716)

[Отечественные системы управления базами данных для использования в ЦУП 8](#_Toc70015717)

[Состав работ по переходу на отечественные системы управления базами данных 9](#_Toc70015718)

[Импортозамещение виртуальных машин Java 10](#_Toc70015719)

[Импортозамещение серверов приложений JEE 11](#_Toc70015720)

[Импортозамещение Web-серверов 11](#_Toc70015721)

[Импортозамещение средств разработки специального математического обеспечения 12](#_Toc70015722)

[Импортозамещение интегрированных сред разработки 12](#_Toc70015723)

[Отечественные интегрированные среды разработки 14](#_Toc70015724)

[Для разработки на языке С++ 14](#_Toc70015725)

[Для разработки на языке Java 14](#_Toc70015726)

[Для разработки на языке Postgre PL/pgSQL 14](#_Toc70015727)

[Интеграция специального программного обеспечения, информационных систем и комплексов ЦУП 14](#_Toc70015728)

[Общепринятые подходы к интеграции 14](#_Toc70015729)

[Используемые в настоящее время в ЦУП подходы к интеграции 15](#_Toc70015730)

[Перспективные подходы к интеграции 16](#_Toc70015731)

[Интеграция на основе открытого интерфейса прикладного программирования (API) 16](#_Toc70015732)

[Интеграция на основе связующего программного обеспечения и передачи сообщений 17](#_Toc70015733)

[Ресурсы и компетенции, необходимые для обеспечения импортозамещения 20](#_Toc70015734)

[Пилотный проект по отработке импортозамещения: создание КИВК ФГБ 20](#_Toc70015735)

[Перспективы использования программного обеспечения для процессора «Эльбрус» 22](#_Toc70015736)

[Необходимость использования программного обеспечения для процессора «Эльбрус» 22](#_Toc70015737)

[Трудности при выборе программного обеспечения для процессора «Эльбрус» 22](#_Toc70015738)

[Выводы и предложения по дальнейшим действиям 24](#_Toc70015739)

# Необходимость перехода на отечественные операционные системы и прочее отечественное общее математическое обеспечение

Необходимость перехода на отечественные операционные системы и прочее отечественное общее математическое обеспечение обусловлена:

1. Постановлением Правительства РФ от 16.11.2015 N 1236 устанавливающим запрет на допуск программного обеспечения, происходящего из иностранных государств, для целей осуществления закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд. При этом был создан Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных, откуда должно выбираться отечественное программное обеспечение для целей осуществления закупок для обеспечения государственных нужд. Данное постановление не накладывает запретов на приобретение иностранного программного обеспечения в случае отсутствия в реестре отечественного программного обеспечения с требуемыми характеристиками, однако за шесть лет со дня выхода данного постановления рынок российского программного обеспечения существенно развился, особенно в части операционных систем.
2. Национальной программой «Цифровая экономика Российской Федерации» (утв. президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам, протокол от 24.12.2018 N 16) согласно которой в 2020 году доля закупаемого отечественного программного обеспечения должна была составить 70%, а к 2024 году эта доля должна составить не менее 90%.
3. Отнесением ЦУП к объектам критической информационной инфраструктуры, в связи с чем, к его ИВК предъявляются повышенные требования в части обеспечения информационной безопасности. Хотя в настоящее время Федеральный закон от 26.07.2017 года № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской федерации» не устанавливает запретов на использование иностранного программного обеспечения в объектах критической инфраструктуры, нельзя исключить, что в дальнейшем такие запреты будут установлены.

Переход на использование отечественного программного обеспечения представляет собой разновидность импортозамещения, ведущего к обеспечению независимости от иностранных производителей и к опережающему развитию отечественной науки и техники. Квалификация российских разработчиков программного обеспечения всегда была на высоком уровне, что подтверждается как числом российских программистов, работающих либо за рубежом, либо в центрах разработки зарубежных компаний, расположенных в России, так и значительным ростом рынка программного обеспечения отечественной разработки, наблюдающемся в последние несколько лет. Рост предложений на рынке отечественного программного обеспечения в настоящее время привел к возможности приобретения достойных отечественных эквивалентов зарубежного программного обеспечения.

Таким образом, перед ЦУП стоит задача перехода на использование отечественного программного обеспечения и в первую очередь, на отечественную операционную систему, поскольку операционная система определяет весь остальной стек используемого программного обеспечения.

# Состав используемого программного обеспечения

Используемое в настоящее время в Центре управления полетами АО ЦНИИмаш программное обеспечение условно можно разделить на три большие группы:

1. Системного программного обеспечения, состоящего из:
   * операционных систем, предназначенные для управления ресурсами персонального компьютера или сервера, организации взаимодействия с пользователем и обеспечения выполнения общего и специального математического обеспечения;
   * систем виртуализации, обеспечивающих предоставление набора вычислительных ресурсов или их логического объединения, абстрагированное от аппаратной реализации, и обеспечивающее при этом логическую изоляцию друг от друга вычислительных процессов, выполняемых на одном физическом сервере. Системы виртуализации используются для запуска нескольких операционных систем на одном физическом сервере с целью наиболее полной загрузки ресурсов физического сервера;
   * средств антивирусной защиты, обеспечивающих защиту от компьютерных вирусов, а также считающихся вредоносными программ и восстановления заражённых такими программами файлов, а так же профилактики — предотвращения заражения файлов или операционной системы вредоносным программным кодом.
2. Общего математического обеспечения, состоящего из:
   * систем управления базами данных, обеспечивающих управление созданием и использованием баз данных;
   * виртуальных машин Java, предназначенных для выполнения специального программного обеспечения, разработанного на языке Java;
   * серверов приложений JEE, предназначенных для выполнения специального программного обеспечения, разработанного на языке Java в соответствие со спецификацией Java Enterprise Edition;
   * Web-серверов, предназначенных для обработки пользовательских запросов, выполняемых посредством сетей Internet/Intranet, и доставки результатов обработки запросов пользователям.
3. Специального математического обеспечения, разрабатываемого силами специалистов ЦУП. Для разработки специального математического обеспечения используются различные интегрированные среды разработки, обеспечивающие разработку и отладку программного кода на различных языках программирования, а так же командные средства разработки.

Разберем состав каждой группы с точки зрения работ по импортозамещению подробнее.

# Импортозамещение операционных систем

## Используемые операционные системы

В настоящее время в ЦУП используются как коммерческие операционные системы, имеющие иностранное происхождение, так и свободно-распространяемые операционные системы с открытым исходным кодом, так же имеющие иностранное происхождение.

К первой группе относятся операционные системы Microsoft Windows, Microsoft Windows Server, HP-UX и Red Hat Enterprise Linux.

Ко второй – Oracle Linux, Open SUSE, Ubuntu Linux и Fedora Linux.

В настоящее время подавляющее большинство используемых в ИВК ЦУП операционных систем имеет иностранное происхождение.

## Критерии выбора отечественных операционных систем для импортозамещения

В отделении 084 совместно с отделением 081 работы по выбору отечественной операционной системы велись достаточно давно. От производителей были получены версии программного обеспечения для тестирования их непосредственно в ЦУП, регулярно проводились встречи и консультации с производителями с целью демонстрации возможностей их операционных систем. При выполнении этих работ был сформирован перечень основных критериев отбора операционной системы для использования в ЦУП:

1. Включение операционной системы в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных.
2. Наличие сертификатов ФСТЭК на данную операционную систему.
3. Пригодность использования операционной системы для использования в составе объектов критической информационной инфраструктуры.
4. Продолжительность присутствия производителя операционной системы на российском рынке.
5. Количество выпущенных релизов операционной системы.
6. Наличие технической поддержки операционной системы от производителя.
7. Регулярность выпуска обновлений операционной системы.
8. Совместимость с другим программным обеспечением, используемым в ЦУП.
9. Наличие сведений об использовании данной операционной системы в схожих проектах.
10. Стабильность работы операционной системы.
11. Удобство администрирования операционной системы.
12. Возможность работы на отечественных процессорах («Эльбрус» и др.).

Отметим, что данные критерии так же могут использоваться и при выборе прочих наименований программного обеспечения для использования в ЦУП.

## Отечественные операционные системы для использования в ЦУП

В результате выбора было установлено, что вышеперечисленным требованиям соответствует отечественная операционная система Astra Linux производства компании «РусБИТех-Астра», а именно:

1. Операционная система специального назначения Astra Linux Special Edition от компании «РусБИТех-Астра» (запись в Едином реестре российских программ №369 от 08.04.2016).
2. Операционная система общего назначения Astra Linux Common Edition от компании «РусБИТех-Астра» (запись в Едином реестре российских программ №4433 от 16.04.2018).

Одним из достоинств данной операционной системы является наличие версии, предназначенной для работы с данными, относящимися к государственной тайне.

# Импортозамещение систем виртуализации

## Используемые системы виртуализации

В настоящее время в ЦУП широко используются две системы виртуализации:

1. VMWare vSphere.
2. HP Integrity VM.

Данные системы виртуализации имеют зарубежное происхождение.

Система HP Integrity VM используется в КИВК РС МКС для виртуализации операционной системы HP-UX.

Система виртуализации VMWare vSphere используется, как единственная система виртуализации дата-центра базового ЦУП Роскосмоса и в настоящее время является лидером на рынке систем виртуализации. Она была приобретена и инсталлирована на средствах дата-центра ЦУП до начала масштабной компании по импортозамещению.

При этом система виртуализации VMWare vSphere, обеспечивает виртуализацию операционной системы Astra Linux, и может быть использована для создания виртуальных машин, функционирующих под управлением данной операционной системы. Таким образом, эксплуатируемая в настоящее система виртуализации дата-центра не является препятствием к переходу на использование отечественных операционных систем.

Однако в дальнейшем данная система виртуализации должна быть заменена на систему виртуализации отечественного происхождения.

## Отечественные системы виртуализации для использования в ЦУП

В связи с этим в настоящее время в отделении 084 ведутся работы, которые уже в ближайшем будущем позволят использовать во вновь создаваемых или модернизируемых ИВК ЦУП полностью отечественную связку из системы виртуализации и операционной системы.

Следующие отечественные системы виртуализации рекомендуются для использования в ЦУП:

1. «zVirt» от компании «ИНФОЛЭНД» (запись в Едином реестре российских программ №4984 от 03.12.2018).
2. «Р-Виртуализация» от ООО «Росплатформа» (запись в Едином реестре российских программ №3348 от 03.05.2017).

Вариант на базе системы виртуализации «zVirt» практически полностью повторяет уже реализованный в ЦУП вариант построения системы виртуализации на базе программного обеспечения VMWare vSphere. Серверы, на которых функционируют виртуальные машины, с использованием сети хранения данных подключаются к дисковому массиву, обеспечивающему хранение образов виртуальных машин и обрабатываемых данных. В случае выхода из строя сервера, функционировавшие на нем виртуальные машины автоматически запускаются на одном из работоспособных серверов, подключенных к дисковому массиву.

Вариант на базе системы виртуализации «Р-Виртуализация» использует механизм распределенного хранилища, не требуя использования дисковых массивов и сетей хранения данных. Образы виртуальных машин и обрабатываемые данные распределяются между всеми серверами, входящим в состав комплекса, за счет механизмов множественной репликации.

В настоящее время к использованию рекомендуются обе системы виртуализации, из-за того, что каждая из них имеет свои преимущества и недостатки и выбор лучшего варианта во многом зависит от предъявляемых к ИВК требований.

Стоит отметить, что эти системы виртуализации уступают по функциональным возможностям используемой в настоящее время в ЦУП системе виртуализации VMWare vSphere, однако их возможности достаточны для осуществления импортозамещения с приемлемым уровнем функциональности и надежности.

## Перенос имеющихся виртуальных машин на отечественные средства виртуализации

При этом существует возможность переноса виртуальных машин, созданных с использованием системы виртуализации VMWare vSphere, под управление перечисленных отечественных систем виртуализации, что позволяет начать выполнение перехода на использование отечественных операционных систем уже сейчас, не дожидаясь внедрения отечественных средств виртуализации. В дальнейшем вновь созданные с использованием системы виртуализации VMWare vSphere виртуальные машины с отечественной операционной системой будут просто перенесены на отечественные средства виртуализации, при этом модернизация специального математического обеспечения не требуется.

**Импортозамещение средств антивирусной защиты**

В настоящее время в ЦУП для антивирусной защиты используется отечественное программное обеспечение «Антивирус Касперского», являющееся одним из лучших в своем классе в мире. Данное программное обеспечение совместимо с операционной системой Astra Linux и может быть использовано в дальнейшем.

# Импортозамещение систем управления базами данных

## Используемые системы управления базами данных

В настоящее время в ЦУП используются коммерческие СУБД, имеющие иностранное происхождение, такие как Oracle Database, Interbase и Microsoft SQL Server. Так же используются свободно-распространяемые СУБД PostgreSQL и Firebird, имеющие иностранное происхождение.

## Отечественные системы управления базами данных для использования в ЦУП

Для использования в ЦУП рекомендуется СУБД PostgreSQL. При этом возможно использование либо дистрибутива из состава операционной системы Astra Linux либо СУБД Postgres Pro от компании Postgres Professional (запись в Едином реестре российских программ №104 от 18.03.2016).

Необходимость использования двух различных версий дистрибутивов СУБД обусловлена тем, что в состав операционной системы Astra Linux включена СУБД PostgreSQL версии 9.6 при том, что в настоящее время сообществом PostgreSQL уже выпущена СУБД версии 13.2. Это означает, что версия СУБД, включенная в состав операционной системы Astra Linux, по своим функциональным возможностям отстает от современных версий СУБД PostgreSQL. В случае необходимости использования современной версии СУБД необходимо использовать СУБД Postgres Pro от компании Postgres Professional, в настоящее время поддерживающую версию 13.2.

СУБД Postgres Pro от компании Postgres Professional является наиболее стабильной и динамично развивающимся ответвлением СУБД PostgreSQL, разрабатываемым отечественной компанией. Данная СУБД включает в свой состав средства для создания кластеров баз данных высокой доступности и улучшенные средства администрирования и мониторинга.

При этом компания Postgres Professional является партнером компании «РусБИТех-Астра», производителя операционной системы Astra Linux Special Edition, совместимость продуктов подтверждена производителями.

## Состав работ по переходу на отечественные системы управления базами данных

Переход на использование новой СУБД для уже созданного специального математического обеспечения сопряжен с необходимостью выполнения работ:

1. По переносу объектов определений словаря данных со старой СУБД на новую СУБД;
2. По переносу данных со старой СУБД на новую СУБД;
3. Модернизации специального математического обеспечения, использующего старую СУБД с целью обеспечения его работы с новой СУБД.

Выполнение первых двух работ не требует со значительных усилий или времени и может быть выполнено достаточно быстро.

Самым сложным является выполнение третьей работы. Оно может занять от нескольких дней до нескольких месяцев или даже лет, поскольку зависит от используемых механизмов доступа к данным, объема программного кода, компонентов и средств разработки, использованных для создания специального математического обеспечения. В некоторых случаях потребуется полностью переписать специальное математическое с использованием новых языков программирования и новых средств разработки.

Таким образом, главная проблема в переходе на использование отечественных СУБД состоит в необходимости значительной переработки специального математического обеспечения, использующего возможности СУБД.

# Импортозамещение виртуальных машин Java

Специальное математическое обеспечение, разработанное на языке Java, активно используется в ИВК ЦУП в частности в комплексах ИСО, ТМИВК и комплексе Центра ПН.

Особенностью специального математического обеспечения, разработанного на языке Java, является то, что для выполнения полученного программного кода на сервере или рабочей станции должна быть установлена среда исполнения программного кода Java, называемая виртуальной машиной Java.

В ИВК ЦУП используются преимущественно виртуальные машины Oracle JVM, правообладателем которых является американская компания Oracle. Так же используются свободно-распространяемые версии виртуальных машин Java, имеющих иностранное происхождение (из состава OpenJDK и пр.)

Для использования в ЦУП рекомендуется отечественная виртуальная машина Java Liberica JDK от компании BellSoft (запись в Едином реестре российских программ №5493 от 24.06.2019).

Компания BellSoft является партнером компании «РусБИТех-Астра», производителя операционной системы Astra Linux Special Edition. Виртуальная машина Liberica JDK прошла проверку на соответствие требованиям безопасности и подписана соответствующим сертификатом для контроля целостности.

При этом проводить какую-либо модернизацию специального математического обеспечения не требуется ввиду кроссплатформенности программного обеспечения, разработанного на языке Java.

# Импортозамещение серверов приложений JEE

В ЦУП в качестве серверов приложений JEE используются коммерческий сервер приложений Oracle Web Logic, имеющий иностранное происхождение, и свободно-распространяемый сервер приложений с открытым исходным кодом Apache Tomcat.

JEE является спецификацией, описывающей архитектуру серверной платформы для задач средних и крупных предприятий. Соответственно, специальное математическое обеспечение, разработанное в соответствии с этой спецификацией, способно выполняться на любом сервере приложений JEE.

Для использования в ЦУП рекомендуется отечественный сервер приложений JEE LiberСat от компании BellSoft (запись в Едином реестре российских программ №9208 от 20.02.2021). Продукт создан российской компанией на основе свободно-распространяемого сервера приложений с открытым исходным кодом Apache Tomcat. Поддерживаются версии Apache Tomcat 8.5 и 9.

Компания BellSoft является партнером компании «РусБИТех-Астра», производителя операционной системы Astra Linux Special Edition. Сервер приложений LiberСat прошел проверку на соответствие требованиям безопасности и подписан соответствующими сертификатом для контроля целостности.

Проводить какую-либо модернизацию специального математического обеспечения не требуется ввиду кроссплатформенности программного обеспечения, разработанного на языке Java, а так же того, что данный сервер приложений поддерживает спецификацию JEE.

# Импортозамещение Web-серверов

В ЦУП в качестве Web-серверов используются коммерческий Web-сервер Oracle Web Tier, имеющий иностранное происхождение, и свободно-распространяемый Web-сервер с открытым исходным кодом Apache HTTP Server.

В дальнейшем планируется использование Web-сервера Apache HTTP Server из состава операционной системы специального назначения Astra Linux Special Edition или операционной системы общего назначения Astra Linux Common Edition.

Модернизация специального математического обеспечения при этом не требуется.

# Импортозамещение средств разработки специального математического обеспечения

Надо отметить, что ЦУП всегда осуществлял разработку специального математического обеспечения для управления КА силами собственных разработчиков, что существенно облегчает переход на отечественные средства разработки, так как:

1. Существуют сложившиеся команды разработчиков.
2. Доступна программная документация на ранее разработанное специальное математическое обеспечение.
3. Доступен исходный код ранее разработанного специального математического обеспечения.
4. Существует преемственность и осуществляется обмен знаниями между несколькими поколениями разработчиков.

Более подробно про процедуру осуществления перехода на отечественные средства разработки специального математического обеспечения расскажут содокладчики, я бы хотел остановиться на основных моментах в импортозамещении средств разработки программного обеспечения.

## Импортозамещение интегрированных сред разработки

Использование интегрированных средств разработки зависит от того, на каком языке программирования ведется разработка программного обеспечения. К числу основных языков программирования, используемых в ЦУП можно отнести:

1. C/C++ – компилируемый, статически типизированный язык программирования общего назначения, имеющий богатую стандартную библиотеку, позволяющую создавать широкий спектр приложений.
2. Java – строго типизированный объектно-ориентированный язык программирования общего назначения, имеющий богатую стандартную библиотеку, позволяющую создавать широкий спектр приложений, которые могут работать на любой компьютерной архитектуре для которой существует виртуальная Java-машина.
3. C# – объектно-ориентированный язык программирования, являющийся дальнейшим развитием языков C++ и Java, имеющий богатую стандартную библиотеку, позволяющую создавать широкий спектр приложений.
4. Python – высокоуровневый язык программирования общего назначения с динамической строгой типизацией и автоматическим управлением памятью, ориентированный на повышение производительности разработчика, читаемости кода и его качества, а также на обеспечение переносимости написанных на нём программ.
5. Oracle PL/SQL – процедурное расширения языка SQL, используемый для разработки деловой логики и интерфейсов для работы с СУБД Oracle.

В настоящее время нельзя сказать, что какой-то из этих языков является наилучшим, каждый из них имеет свои преимущества и недостатки, определяющие какого рода программное обеспечение лучше разрабатывать на том или ином языке.

Подавляющее большинство интегрированных сред разработки, используемых для разработки специальное математического обеспечения, в настоящее время имеют иностранное происхождение. При этом размер рынка отечественных интегрированных сред разработки крайне невелик.

При этом хотелось бы отметить следующие моменты:

1. Многие зарубежные коммерческие/свободные интегрированные среды разработки могут получать код, способный выполняться в отечественных операционных системах, базирующихся на ядре Linux, что позволяет продолжить использование средств разработки, имеющих зарубежное происхождение.
2. Многие коммерческие интегрированные среды разработки имеют аналогичные свободные среды разработки с усеченным функционалом, позволяющим, однако, вести разработку программного обеспечения, способного выполняться в отечественных операционных системах.

Далее приведены сведения об отечественных интегрированных средах разработки, присутствующих в Едином реестре российских программ которое может использоваться для разработки специального математического обеспечения в ЦУП в настоящее время.

## Отечественные интегрированные среды разработки

### Для разработки на языке С++

Поскольку в ЦУП планируется использование отечественной операционной системы Astra Linux, то для разработки на языках C/C++ рекомендуется использовать средства разработки из состава ОС Astra Linux, базирующиеся на свободной интегрированной среде разработки Qt Creator.

### Для разработки на языке Java

Для разработки на языке Java в настоящее время существует единственная отечественная интегрированная среда разработки Cuba Studio компании «Хоулмонт Самара» (запись в Едином реестре российских программ №9210 от 20.02.2021). Эта среда разработки идеально подходит для разработки приложений баз данных и учетных информационных систем, создаваемых в соответствии с трехуровневой архитектурой и включающих в свой состав много деловой логики, форм, отчетов и диаграмм для представления данных. Однако данная среда разработки может не подойти разработки иных приложений на языке Java, таких как многопоточные серверные приложения, телекоммуникационные приложения, приложения типа клиент-сервер и приложения, работающие с 3D графикой.

### Для разработки на языке Postgre PL/pgSQL

Для разработки приложений баз данных СУБД PostgreSQL можно использовать отечественное программное обеспечение Live Universal Interface (LUI) от компании Форс (запись в Едином реестре российских программ №7692 от 14.12.2020). Данная интегрированная среда разработки схожа с Oracle Application Express, что позволяет осуществить быстрый переход от разработки для СУБД Oracle к разработке для СУБД PostgreSQL.

# Интеграция специального программного обеспечения, информационных систем и комплексов ЦУП

## Общепринятые подходы к интеграции

В настоящее время общепринятыми считаются следующие подходы к интеграции:

1. Передача файлов – программное обеспечение создает и размещает файлы, содержащие данные, которые необходимо передать другому программному обеспечению, на файловом сервере, откуда другое программное обеспечение осуществляет считывание данных файлов с последующим выполнением операций по извлечению из файлов передаваемых данных.
2. Разделяемая база данных - программное обеспечение создает и размещает данные, которые необходимо передать другому программному обеспечению, в таблицах базы данных, откуда другое программное обеспечение осуществляет их считывание.
3. Удаленный вызов процедур – каждое программное обеспечение предоставляет часть своей функциональности для внешнего использования в виде набора процедур, которые могут быть удаленно вызваны другим программным обеспечением с целью выполнения операций по обмену данными между программным обеспечением. Набор процедур, предназначенный для внешнего использования, называют интерфейсом прикладного программирования (API).
4. Передача сообщений – каждое интегрируемое программное обеспечение присоединяется к общей, разделяемой системе передачи сообщений, обеспечивающей обмен данными путем обеспечения передачи сообщений между интегрируемым программным обеспечением. Программное обеспечение разделяемой системы передачи сообщений называют связующим программным обеспечением, при этом такое популярное программное обеспечение как сервисная шина предприятия или брокер сообщений, в основном используемые для интеграции, являются разновидностями связующего программного обеспечения.

## Используемые в настоящее время в ЦУП подходы к интеграции

В настоящее время при интеграции программного обеспечения в ЦУП используются методы интеграции, основанные на передаче файлов или использовании разделяемой базы данных.

При выполнении интеграции осуществляется разработка и выпуск протокола информационного взаимодействия, содержащего описания форматов, порядка и периодичности обмена данными.

Такой подход к интеграции требует реализации разработанного протокола информационного взаимодействия, что требует доработки программного обеспечения в том случае, если возможность интеграции не была изначально реализована в составе его функций. В случае если требуется проведение дополнительной интеграции, не предусмотренной протоколом информационного взаимодействия, требуется проведение доработки протокола информационного взаимодействия и реализующего его программного обеспечения.

## Перспективные подходы к интеграции

### Интеграция на основе открытого интерфейса прикладного программирования (API)

Данный способ интеграции состоит в том, что каждое программное обеспечение предоставляет часть своей функциональности для внешнего использования в виде набора процедур, которые могут быть удаленно вызваны другим программным обеспечением с целью выполнения операций по обмену данными между программным обеспечением. Набор процедур, предназначенный для внешнего использования, при этом называют интерфейсом прикладного программирования (API).

В настоящее время стандартом для создания интерфейса прикладного программирования является архитектурный стиль взаимодействия компонентов распределённого приложения в сети REST (Representational State Transfer), являющийся набором определений и протоколов для создания и интеграции программного обеспечения. Данный архитектурный стиль базируется на таких общепринятых стандартах как протокол HTTP, унифицированный идентификатор ресурса URI, язык XML, формат обмена данными JSON и позволяет создавать так называемые интерфейсы прикладного программирования REST API на всех основных языках программирования.

Ведущие разработчики программного обеспечения реализуют REST API для обеспечения доступа к функциям, реализуемых их информационными системами. Так, например, компания «Google» разработала более 120 различных REST API для использования функций своих сервисов в программном обеспечении сторонних разработчиков.

При этом обеспечивается функциональная совместимость, при которой процедуры интерфейса прикладного программирования, разработанные, скажем, на языке C++ могут вызываться из программного обеспечения, разработанного на языке Java и наоборот.

Таким образом, при разработке специального математического обеспечения ЦУП, целесообразным является включение в состав работ работы по созданию открытого интерфейса прикладного программирования на базе REST API, позволяющего обеспечить выполнение операций по обмену данными между программным обеспечением с целью облегчения дальнейшей интеграции.

При этом разрабатывать открытый интерфейс прикладного программирования целесообразно все же не для конкретного специального математического обеспечения, а для информационной системы или комплекса целиком.

Однако интеграция на основе открытого интерфейса прикладного программирования, хотя и облегчает выполнение интеграции программного обеспечения, приносит ряд проблем, связанных с образованием тесных связей между интегрируемым программным обеспечением.

Так же интеграция на основе открытого интерфейса прикладного программирования не решает проблем с интеграцией в случае необходимости передачи данных из имеющегося программного обеспечения во вновь создаваемое программное обеспечение. Для выполнения вызовов API, предоставляемых вновь создаваемым программным обеспечением, все равно потребуется выполнить доработку уже имеющегося программного обеспечения.

Для решения этих проблем целесообразно использовать связующее программное обеспечение.

### Интеграция на основе связующего программного обеспечения и передачи сообщений

При данном подходе к интеграции каждое интегрируемое программное обеспечение присоединяется к общей разделяемой системе передачи сообщений, обеспечивающей обмен данными путем обеспечения передачи сообщений между интегрируемым программным обеспечением.

Программное обеспечение общей разделяемой системы передачи сообщений так же называют связующим программным обеспечением, при этом такое популярное программное обеспечение как сервисная шина предприятия является разновидностью связующего программного обеспечения.

Данный подход к интеграции иллюстрируется следующим рисунком:

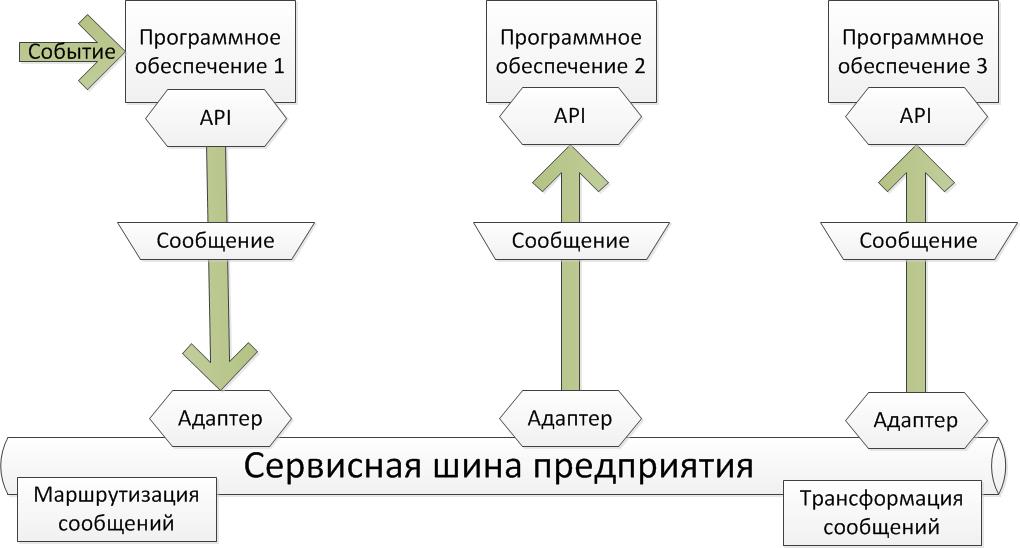


Сервисная шина предприятия кроме механизма передачи сообщений обеспечивает так же механизмы трансформации и маршрутизации сообщений.

При этом при наличии:

1. Сервисной шины предприятия.
2. Открытого интерфейса прикладного программирования (API) для интегрируемого программного обеспечения,

выполнение интеграции программного обеспечения позволяет полностью избежать выполнения доработок интегрируемого программного обеспечения за счет перехода к разработке адаптеров сервисной шины предприятия. При этом разработку адаптеров целесообразно вести параллельно с разработкой открытого интерфейса прикладного программирования (API), что позволит впоследствии обеспечить быструю интеграцию программного обеспечения только за счет настройки маршрутизации и трансформации сообщений в сервисной шине предприятия, без проведения доработок программного обеспечения, см. рисунок.



Таким образом, интеграцию специального программного обеспечения, информационных систем и комплексов ЦУП целесообразно выполнять на основе использования связующего программного обеспечения, а именно сервисной шины предприятия.

#### Отечественные сервисные шины предприятия

В настоящее время в Едином реестре российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных зарегистрированы следующие сервисные шины предприятий:

* Галактика ESB (запись в Едином реестре российских программ №5320 от 06.05.2019).
* Октопус-Дата ESB (запись в Едином реестре российских программ №7007 от 07.10.2020).
* DATAREON ESB (запись в Едином реестре российских программ №1624 от 05.09.2016).

# Ресурсы и компетенции, необходимые для обеспечения импортозамещения

В настоящее время ЦУП обладает необходимыми для обеспечения импортозамещения в области программного обеспечения ресурсами и компетенциями, поскольку обладает высококлассным коллективом разработчиков и администраторов программного обеспечения.

Однако при организации работ по созданию нового и модернизации имеющегося программного обеспечения необходимо учитывать, что разработчикам специального математического обеспечения потребуется некоторое время на освоение новых средств разработки, а администраторам - время на освоение новых систем виртуализации, операционных систем и СУБД.

Лучшим выходом из ситуации является выполнение какого-либо проекта, позволяющего применить новые отечественные технологии в реальной работе.

## Пилотный проект по отработке импортозамещения: создание КИВК ФГБ

В настоящее время в ЦУП сформирована проектная команда из специалистов отделения 081 и 084 для выполнения проекта по созданию КИВК для управления полетом ФГБ через КИС «Компарус-У2» и ЦУП-Х. Основными характеристиками данного проекта являются:

1. Использование отечественного серверного оборудования и рабочих станций.
2. Использование отечественной системы виртуализации и операционной системы.
3. Использование отечественных средств защиты информации.
4. Использование отечественных средств разработки специального математического обеспечения.

Разработку специального математического обеспечения будет выполняться силами специалистов отдела 08102, обладающие несомненными компетенциями в области разработки командно-программного обеспечения, при поддержке программистов отдела 08402, освободившихся после сдачи в эксплуатацию Автоматизированной системы информации о техническом состоянии и надежности ракетно-космической техники (АСИ ТСН РКТ).

При этом будет выполнена доработка специального математического обеспечения, разработанного на языке C/С++ для операционной системы HP-UX, для обеспечения его работы под управлением операционной системы Astra Linux Special Edition с использованием средств разработки из состава операционной системы Astra Linux Special Edition.

Установка и интеграция оборудования, настройка и администрирование системы виртуализации, операционных систем и средств защиты информации выполняется силами отделения 084. Планируемая дата завершения проекта – апрель 2022 года. После успешного завершения данного проекта, ценный опыт, полученный проектной командой, может быть использован при создании и модернизации прочих ИВК ЦУП.

# Перспективы использования программного обеспечения для процессора «Эльбрус»

## Необходимость использования программного обеспечения для процессора «Эльбрус»

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 03.12.2020 № 2013 «О минимальной доле закупок товаров российского происхождения» c 01.01.2023 с 01 января 2022 года размер минимальной доли закупок товаров российского происхождения должен составлять не менее 60% для серверов и рабочих станций.

При этом в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 31.12.2020 № 2458 о внесении изменений в приложение к постановлению Правительства Российской Федерации от 17 июля 2015 г. № 719 «О подтверждении производства промышленной продукции на территории Российской Федерации», начиная с 01 января 2022 года, российскими серверами и рабочими станциями будет считаться только оборудование, созданное на базе центральных процессоров отечественного производства.

В настоящее время одним из таких процессоров является процессор «Эльбрус», спроектированный российской компанией «МЦСТ» и созданный на базе архитектуры «Эльбрус», а не на базе архитектуры x86-64, используемой компаниями AMD и Intel в своих процессорах, и наиболее широко распространённой в мире.

## Трудности при выборе программного обеспечения для процессора «Эльбрус»

Изменение используемой процессорной архитектуры требует проведения дополнительных процедур выбора системного программного обеспечения и общего программного обеспечения, способного работать на новой архитектуре. При этом выбор программного обеспечения для процессора «Эльбрус» в настоящее время весьма невелик, что способно создать определенные трудности при создании и модернизации ИВК ЦУП.

В частности, можно отметить следующее:

1. В части системного программного обеспечения:
   * системы виртуализации, способные работать на процессорах архитектуры «Эльбрус», в настоящее время отсутствуют;
   * существует достаточное количество отечественных операционных систем, способных работать на процессорах архитектуры «Эльбрус», в том числе операционная система Astra Linux;
   * средства антивирусной защиты, в частности «Антивирус Касперского», способны обеспечить защиту операционной системы Astra Linux, функционирующей на процессоре архитектуры «Эльбрус».
2. В части общего математического обеспечения:
   * в части СУБД возможно использование СУБД PostgreSQL;
   * виртуальная машина Java, способная работать на процессорах архитектуры «Эльбрус», в настоящее время отсутствует в составе операционной системы Astra Linux, возможно, она присутствует в каких-то других отечественных системах;
   * возможно использование Web-сервера Apache HTTP Server из состава операционной системы Astra Linux.
3. В части средств разработки специального математического обеспечения:
   * возможно использование средств разработки на языках C/C++ из состава операционной системы Astra Linux, базирующихся на свободной интегрированной среде разработки Qt Creator;
   * для разработки приложений баз данных СУБД PostgreSQL возможно использовать отечественное программное обеспечение Live Universal Interface (LUI) от компании Форс (запись в Едином реестре российских программ №7692 от 14.12.2020);
   * вероятно, существует возможность выполнять специальное программное обеспечение, разработанное на языках Python, Perl и JavaScript (для платформы Node.js).

Однако по мере внедрения оборудования на базе процессоров «Эльбрус», отечественные разработчики программного обеспечения будут выполнять перенос и адаптацию своих разработок для работы на процессорах архитектуры «Эльбрус» и данное отставание будет ликвидировано. В частности, в настоящее время ведутся работы по адаптации систем виртуализации «zVirt» и «Р-Виртуализация» для процессоров «Эльбрус».

# Выводы и предложения по дальнейшим действиям

Вопрос проведения работ по импортозамещению в ЦУП является сложным и требует комплексного подхода.

При этом можно отметить следующее:

1. Российские поставщики программного обеспечения в целом готовы обеспечить переход на использование отечественного программного обеспечения на оборудовании, работающем на процессорах архитектуры x86-64, представляя достойную замену зарубежного программного обеспечения по каждому из наименований используемого ЦУП программного обеспечения.
2. Российский рынок программного обеспечения для процессоров архитектуры «Эльбрус» еще находится в стадии становления и некоторые важные наименования программного обеспечения на нем просто отсутствуют. Можно надеяться, что в течение нескольких лет данная проблема будет решена. Однако уже сейчас создание ИВК ЦУП на базе оборудования работающего на процессорах архитектуры «Эльбрус» возможно при условии отказа от использования систем виртуализации и, возможно, языка Java.

Для обеспечения успешного выполнения работ в области импортозамещения в ЦУП рекомендуется создать рабочую группу по выработке рекомендаций по разработке и выбору программно-технических решений для использования в ИВК ЦУП.

Результатом работы группы должна стать «Техническая политика ЦУП в области информационных технологий», которая должна являться сводом рекомендаций, позволяющих осуществлять аргументированный выбор необходимых программно-технических решений, при этом, не ограничивая возможности по использованию новых технологий по мере их развития и выхода на рынок.