



«ЦЕНТРАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО ПО СУДАМ
НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ ИМЕНИ Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»
ALEXEEV'S CENTRAL HYDROFOIL DESIGN BUREAU

ул. Свободы, 51, Нижний Новгород, 603003, Россия; тел. (831) 229-14-90
51, St. Svoboda, Nizhny Novgorod, 603003, Russia; tel. (831) 229-14-90
Fax: (831) 273-02-48, E-mail: alekseev@ckbspk.ru

22.01.2018. № 22-131

На № 604-10-277 от 07.12.2017г.

Ученому секретарю
диссертационного совета
Старкову А.В.

О высылке отзыва

125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,
Волоколамское шоссе, д. 4,
ФГБОУ «Московский авиационный
институт (национальный
исследовательский университет),
ученый совет МАИ.

Уважаемый Александр Владимирович!

Направляю Вам отзыв на автореферат диссертации Баженова Сергея Георгиевича на тему «Динамика цифровых резервированных асинхронных многотактных систем управления магистральных самолетов» представленной на соискание ученой степени доктора технических наук.

Приложение: Отзыв в 2 экз.

Генеральный директор

 С.Г. Дементьев

В.В. Алексеев
(831) 229-14-90 доб. 21-73

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № 30 01 2018

Утверждаю
Генеральный директор
АО «ЦКБ СПК им. Р.Е.Алексеева»

Дементьев С.Г.

« » _____ 2018г.

ОТЗЫВ

АО «Центральное Конструкторское бюро по судам на подводных крыльях имени Р.Е. Алексеева»

на автореферат диссертации Баженова Сергея Георгиевича на тему «Динамика цифровых резервированных асинхронных многотактных систем управления магистральных самолетов», представленной к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика и управление движением летательных аппаратов»

Актуальность работы. Улучшение летно-технических характеристик современных образцов корабельной и авиационной техники достигается за счет глубокой и всесторонней автоматизации управления. Наиболее остро проблема автоматизации встает при создании техники с высокой степенью сложности при решении целевых задач в условиях возмущений и неопределенностей различной природы, а также при наличии критически сложных для управления и опасных режимов. Основными задачами автоматизации управления летательными аппаратами являются обеспечение безопасности движения, улучшение характеристик устойчивости и управляемости, маневренности. Решение этих задач требует реализации весьма сложного функционала управления, использования большого количества источников информации, наличия больших вычислительных мощностей на борту. В настоящее время имеется значительный опыт разработки и эксплуатации военных и гражданских самолетов с цифровыми системами дистанционного управления (ЦСДУ). В то же время применение ЦСДУ на других летательных аппаратах (вертолеты, конвертопланы, экранопланы и т.д.) только начинается. Зачастую эти объекты являются не менее сложными чем самолет и имеют сложные режимы полета. При разработке цифровых систем управления возникают специфические особенности несвойственные аналоговым и механическим системам. Это наличие программного обеспечения, дискретность и появление запаздываний по времени в трактах управления, разнородное резервирование, сложная структура алгоритмов управления и логики контроля. При разработке ЦСДУ требуется оценка устойчивости и динамики объекта с учетом специфических особенностей. Для этого необходима разработка специальных методов анализа и расчета сложных цифровых систем управления. Таким образом, исследования, которым посвящена работа, весьма актуальны, носят универсальный характер и

представляют большой интерес для разработчиков летательных аппаратов с цифровыми системами управления.

Объектом исследования являются цифровые резервированные системы управления высокоавтоматизированных самолетов.

Предмет исследования. В работе исследуются методы анализа устойчивости самолетов, оборудованных ЦСДУ и динамических характеристик самих ЦСДУ с учетом резервирования, асинхронности и многотактности.

Научная новизна и теоретическая значимость работы. В работе представлены развитые автором новые теоретические подходы к анализу и расчету характеристик самолетов с цифровыми системами управления.

Разработанные методы учитывают дискретность по времени, резервирование и асинхронность работы каналов, произвольные циклограммы работы, выравнивание информации через линии межмашинного обмена. Показано, что резервирование ЦСДУ в сочетании с асинхронным режимом работы каналов приводит к изменению области устойчивости и динамики системы «самолет-ЦСДУ». Предложен метод расчета вероятности ложного срабатывания системы контроля ЦСДУ при наличии «сбоев» информации основанный на теории Марковских процессов.

Практическая значимость работы. Разработанные и описанные в работе методы расчета позволяют проводить оценку запасов устойчивости и динамических характеристик самолетов с ЦСДУ. Разработана методика экспериментального частотного исследования реальных ЦСДУ. Разработан метод расчета частотных характеристик с учетом особенностей цифровой реализации ЦСДУ. Определены максимальные допустимые запаздывания в трактах управления и требования к частотам обновления информации разных сигналов для обеспечения устойчивости, качества переходных процессов и работы системы контроля. Разработаны алгоритмы синхронизации дискретных ключей в форме конечных автоматов. Разработана методика выбора порогов срабатывания для обеспечения требуемой вероятности ложных срабатываний системы контроля.

По содержанию автореферата можно сделать следующие **замечания**:

1. Не освещена методика получения эквивалентного одноканального сигнала управления.
2. Выбор максимальных допустимых запаздываний в трактах управления осуществлен для эксплуатационных высот полета самолетов. Для разработки ЦСДУ экранопланов было бы целесообразно рассмотреть и маловысотный полет не только в частотной, но и во временной области, а также в пространстве состояний.

Отмеченные замечания могут быть предметом дальнейших исследований и не снижают общий высокий уровень диссертации, в которой приведено решение ряда задач, имеющих большое значение для развития проектирования летательных аппаратов с ЦСДУ, в том числе экранопланов.

Диссертационная работа Баженова Сергея Георгиевича по актуальности, объему выполненных исследований, научной новизне и практической значимости соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а её автор заслуживает присуждения ученой степени доктор технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика и управление движением летательных аппаратов»

Первый заместитель
Генерального директора,
канд. техн. наук

Грачев Владимир Юрьевич

Начальник отдела аэродинамики
и динамики полета

Алексеев Валерий Вениаминович

Начальник сектора,
канд. физ.-мат. наук

Курочкин Иван Васильевич

Начальник отдела надежности,
канд. техн. наук,
ст. науч. сотр.

Романиков Юрий Иванович



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО УЗГА»
(ООО «ОКБ УЗГА»)

620142, г. Екатеринбург, ул. 8 марта дом 49, оф.310, тел./факс (343)228-56-98,
ИНН: 6671433966 КПП: 667101001 ОГРН: 1136671033718 Эл. почта: okb@uwca.ru
р/с №40702810107380000015 в ФАКБ "РОССИЙСКИЙ КАПИТАЛ" (ПАО) ЧЕЛЯБИНСКИЙ
к/с № 30101810375010000616, БИК: 047501616

№ АЧ-44 от 26.01.2018г

Ученому секретарю
диссертационного совета
Д 212.125.12 Старкову А.В.

125993 г.Москва, А-80, ГСП-3
Волоколамское шоссе, д.4

О направлении отзыва

Направляю в Ваш адрес отзыв на автореферат диссертации Баженова Сергея Георгиевича на тему «Динамика цифровых резервированных асинхронных многотактных систем управления магистральных самолетов», представленную к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика и управление движением летательных аппаратов».

Приложение: Отзыв на автореферат диссертации Баженова - 2 экз. по 4 л.

Генеральный конструктор

А.И. Бадеха

Исп.: Мадан Э.В.

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № 12
« 02 » 2018 г.

Утверждаю
Генеральный конструктор
ООО «ОКБ «УЗГА»
Бадеха А.И.



« » 2018 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Баженова Сергея Георгиевича на тему «Динамика цифровых резервированных асинхронных многотактных систем управления магистральных самолетов»;
представленную к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика и управление движением летательных аппаратов»

Актуальность работы. Создание современных систем управления и всего бортового оборудования невозможно без применения цифровой техники. Первыми цифровыми системами комплекса авионики были системы автоматического управления (автопилоты и автоматы тяги). Затем начали появляться цифровые системы более высокой степени критичности и ответственности, такие как системы ручного управления. В СССР первая система дистанционного управления была применена на самолете Су-27. Тогда же были разработаны стандарты цифрового оборудования (стандарты корпорации ARINC) и отечественные стандарты авионики (КСПНО-86, а затем ИКБО-95). Первой системой штурвального управления, где были использованы цифровые вычислители для реализации части функций управления была АСУУ-96 самолета Ил-96. На самолете Ту-204 была применена полностью цифровая система основного управления АСШУ-204, реализующая весь набор функций управления. Современные самолеты как гражданские (Сухой Суперджет-100 и МС-21), так и военные (МиГ-35,...) используют полностью цифровые системы штурвального управления, где в «цифре» реализованы основное и резервное управление и отсутствует аварийное механическое управление. Применение цифровой техники привело к очень интенсивному наращиванию функционала систем управления, а также расширению номенклатуры задействованных сигналов, используемых датчиков и информационных систем. При этом возникают проблемы, которых не было на более ранних этапах, когда использовались аналоговые и механические системы. Так, значительное расширение функционала, реализация функций разной значимости и использование большого количества источников информации требует новых методов обеспечения надежности и отказобезопасности, включая разнородное резервирование, реконфигурацию управления при отказах, разработку развитой системы контроля входных и выходных сигналов и мониторинга вычислительного процесса. Также

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. №
12 02 2018

возникают значительные проблемы при анализе динамики, устойчивости и управляемости самолета с цифровой системой управления. Наиболее распространенная простейшая модель, использующая звенья чистого запаздывания, не может описать все эффекты цифровой реализации. Для ряда задач даже дискретная одноканальная модель цифровой системы дистанционного управления (ЦСДУ) не является достаточной и требуется учитывать такие особенности как резервирование вместе с асинхронностью работы каналов и выравниванием информации между каналами, а также использование разных частот обновления сигналов и выполнения операций. С этой точки зрения методы учета резервирования, асинхронности, многотактности и выравнивания информации, развитые в работе весьма актуальны, представляют большой теоретический интерес и практическое значение.

Целью работы является разработка методов исследования резервированных асинхронных многотактных ЦСДУ с интенсивным информационным обменом между каналами и исследование особенностей динамики как самой ЦСДУ, так и замкнутой системы «самолет-ЦСДУ».

Объектом исследования являются современные цифровые системы дистанционного управления самолетов с широким набором функций и высоким уровнем автоматизации управления.

Научная значимость и новизна работы состоит в проведении исследований устойчивости замкнутой системы «самолет – резервированная асинхронная многотактная ЦСДУ» и динамических характеристик ЦСДУ с учетом ее архитектуры и режима функционирования. Введено понятие передаточной функции, определяющей устойчивость замкнутой системы «самолет-ЦСУ», выявлена особенность ее структуры, заключающаяся в ее нелинейной зависимости от коэффициентов усиления, что искажает понятие запаса устойчивости по амплитуде.

Исследовано влияние выравнивания информации между каналами системы управления на ее динамические свойства. Показано, что выравнивание приводит к дополнительному запаздыванию для входных и выходных сигналов, изменению коэффициента для интегральных звеньев, увеличению постоянной времени для апериодических фильтров. Для двухканальной системы получены аналитические выражения для эквивалентных передаточных функций этих звеньев.

Проведено исследование динамики многотактных систем для практически важных случаев многотактности, включая использование нескольких частот обновления информации и вычисление управляющего сигнала по разным алгоритмам в разные моменты времени. Разработаны методы расчета цифровых систем для разных видов многотактности, показано влияние реализуемой циклограммы на динамику системы.

Предложен подход к анализу устойчивости самолетов с резервированными ЦСДУ на основе методов многосвязных систем, а именно, путем расчета собственных значений матрицы передаточных функций разомкнутой системы.

Предложена модификация метода гармонического баланса, учитывающая комбинирование гармоник на нелинейных элементах и их транспонирование в низкочастотную область. Проведен анализ процессов «в малом» вызванных использованием целочисленной арифметики для реализации динамических элементов.

Практическая ценность работы Развита универсальные методы и средства исследования ЦСДУ современных самолетов с учетом резервирования, асинхронности, многотактности и обмена информацией между каналами, которые могут быть успешно применены на практике. Обоснованы требования к максимальным допустимым запаздываниям в различных каналах, исходя из оценки запасов устойчивости, характеристик переходных процессов (колебательность, забросы и т.д.) и необходимости построения эффективной системы контроля. Изучено влияние резервирования, асинхронности, многотактности и выравнивания информации на устойчивость замкнутой системы «самолет-ЦСДУ» и на искажение динамических характеристик звеньев ЦСДУ, что имеет важное значение для процесса разработки и отработки систем управления. В частности, показано совпадение линейной части передаточной функции, определяющей устойчивость замкнутой системы и передаточной функции разомкнутой системы. На основе этого факта предложена методика и создано программное обеспечение для расчета эталонных частотных характеристик многоканальных ЦСДУ, что позволяет провести тестирование системы управления и верификацию реализованных законов управления.

Исследована вероятность ложного срабатывания системы контроля ЦСДУ, вызванного сбоями сигналов. Оценен уровень рассогласований между каналами при наличии выравнивания через каналы межмашинной связи. Из результатов стендовых исследований и летных испытаний получены двумерные распределения рассогласования между каналами в зависимости от уровня и времени превышения этого уровня, что позволило сделать рекомендации к параметрам алгоритмов контроля. Предложены алгоритмы синхронизации дискретных сигналов, определяющих состояния резервированных каналов, в форме конечных автоматов. Разработанные методы и полученные результаты использованы при разработке ЦСДУ самолетов Ту-204, Ту-334, RRJ 100, MC-21.

Автореферат дает достаточное представление о содержании диссертации.

По содержанию работы следует сделать ряд **замечаний**.

1. Не приведены результаты конкретных исследований влияния резервирования, асинхронности, многотактности и выравнивания информации на устойчивость замкнутой системы «самолет-ЦСДУ» с учетом упругости конструкции самолета и использования крыла большого удлинения.

2. В работе не рассмотрено кворумирование сигналов, которое широко используется на практике для мониторинга входных и выходных сигналов. Кворум элемент является нелинейным элементом и его влияние на динамические характеристики и широту пропускания резервированной ЦСДУ представляет несомненный интерес.

3. В работе не рассмотрено влияние нелинейности исполнительного привода на устойчивость замкнутой системы «самолет-ЦСДУ».

Отмеченные недостатки не влияют на общий научный высокий уровень работы, направленной на создание научно-технического задела для решения важных народно-хозяйственных задач. По результатам рассмотрения автореферата можно заключить, что диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор **Баженов Сергей Георгиевич** заслуживает присуждения ученой степени доктор технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика и управление движением летательных аппаратов»

Инженер-конструктор, к.т.н.



Д.А. Михайлин

Подписи Бадехи Александра Ивановича и Михайлина Дениса Александровича
удостоверяю

Начальник отдела договоров и делопроизводства
ООО «ОКБ УЗГА»



Н.Ю. Антропова



**Таганрогский авиационный
научно-технический комплекс**

им. Г.М. БЕРИЕВА

Публичное акционерное общество

(ПАО "ТАНТК им. Г. М. Бериева")

Российская Федерация
347923, г. Таганрог, Площадь Авиаторов, 1
Тел.: (8634) 39-09-01 Факс: (8634) 64-74-34
E-mail: info@beriev.com

30.01.2018 № 01494/КБ-4

на № _____ от _____

Ученому секретарю диссертационного совета
Д 212.125.12, к.т.н., доценту

**ФГБОУ ВО «Московский авиационный
институт (Национальный исследовательский
университет)», Ученый совет МАИ**

А. В. Старкову

Волоколамское шоссе, д.4,А-80, ГСП-3,
г. Москва, 125993

**О направлении отзыва на автореферат
диссертации С.Г. Баженова**

Уважаемый Александр Владимирович!

Направляю отзыв ОКБ НТЦ ПАО «ТАНТК им. Г.М. Бериева на автореферат диссертации Баженова Сергея Георгиевича «Динамика цифровых резервированных асинхронных многотактных систем управления магистральных самолетов», представленной к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика и управление движением летательных аппаратов».

Приложение:

1. Отзыв 2 экз. на 4 стр. каждый.

С уважением,
Генеральный директор
Генеральный конструктор

Ю.В. Грудинин

С.С. Крееренко
(8634) 390-845

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № _____
" 8 " 02 2018

001503



Публичное акционерное общество
«Таганрогский авиационный научно-технический комплекс
им. Г.М. БЕРИЕВА»
(ПАО «ТАНТК им. Г. М. Бериева»)

29.01.2018г.

№ 592

г. Таганрог

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор –
Генеральный конструктор
ПАО «ТАНТК им. Г. М. Бериева»

Ю.В. Грудинин
« 1 января 2018 г. »



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Баженова Сергея Георгиевича «Динамика цифровых резервированных асинхронных многотактных систем управления магистральных самолетов», представленной к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика и управление движением летательных аппаратов»

Актуальность работы. Отечественные самолеты транспортной категории, начиная с поколения пассажирских авиалайнеров 80-х-90-х годов ТУ-204, ТУ-334, ИЛ-96 и противопожарного самолета-амфибии Бе-200, отличаются применением технологий систем дистанционного управления полетом. Современный уровень цифровых дистанционных систем управления (ЦСДУ), реализованный на региональном лайнере Сухой-Суперджет-100 и МС-21, отличается реализацией высокой степени автоматизации управления полетом самолета: обеспечение характеристик устойчивости и управляемости, автобалансировку в продольном канале, предотвращение превышения эксплуатационных ограничений параметров движения и т.д. Кроме того, в современных ЦСДУ реализованы функции автоматического управления полетом, что функционально превращает ЦСДУ в комплексные системы управления полетом. Достигнутый

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № 5
" 02 " 2018 г.

на самолетах SSJ-100 и MC-21 уровень функциональности и надежности ЦСДУ соответствует передовому уровню мировой гражданской авиации.

Подобные процессы «цифровизации» присущи также и другим системам самолета: системам измерения параметров полета, данные которых являются входной информацией для ЦСДУ; системам управления общесамолетным оборудованием, параметры работы которых необходимы ЦСДУ для реконфигурирования законов управления при изменении режимов полета и при возникновении отказов в системах самолета.

Создание современных ЦСДУ, взаимодействующих с другими цифровыми системами самолета, образующих в совокупности единый распределенный многопроцессорный комплекс, невозможно без проведения большого объема научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Разработка, отработка и испытания на наземных стендах «железная птица» и «электронная птица», летные испытания подобных систем существенно отличаются от процессов создания аналоговых, и тем более, механических систем управления. Использование цифровых датчиков и цифровых информационных систем, взаимодействующих с ЦСДУ, реализация ЦСДУ как многомашинного разнородного комплекса с асинхронным режимом работы, межмашинный обмен информацией, сложная система контроля, взаимодействие по цифровым линиям связи с резервированными рулевыми приводами приводят к возникновению временных задержек в трактах управления и обратных связей, что влияет на динамические характеристики ЦСДУ и соответственно на характеристики устойчивости и управляемости самолета в замкнутом контуре «самолет-ЦСДУ». Построение точной и надежной системы контроля ЦСДУ требует оценки рассогласований между контролируемыми сигналами с учетом всех перечисленных особенностей ЦСДУ.

Очевидно, что реализация подобной сложной цифровой резервированной асинхронной многотактной системы управления невозможно без формирования теоретического задела и создания прикладных методов и средств исследования и разработки.

Объектом исследования диссертационной работы являются современные ЦСДУ самолетов транспортной категории с высоким уровнем автоматизации.

Предметом исследования являются методы и средства исследования сложных резервированных асинхронных многотактных ЦСДУ, динамики этих систем, методы синхронизации каналов ЦСДУ и анализ влияния синхронизации на динамические свойства ЦСДУ, на устойчивость замкнутой системы «самолет-ЦСДУ», точность и надежность системы контроля ЦСДУ.

Научная значимость и новизна работы состоит в разработке: новой методологии исследования сложных ЦСДУ с учетом особенности их архитектуры и функционирования;

методики теоретического анализа влияния цифровой реализации на динамику системы «самолет-ЦСДУ»; методики выбора структуры и параметров системы контроля ЦСДУ.

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты работы использованы при разработке ЦСДУ современных отечественных пассажирских самолетов (Ту-204, Ту-334, SSJ-100, MC-21). Обоснованы и сформированы требования к динамическим характеристикам основных трактов управления и обратных связей, обеспечивающим устойчивость, управляемость и построение системы контроля. На основе этих требований обоснованы частоты обновления информации сигналов в системе. Несомненное практическое значение имеет прикладное программное обеспечение, разработанное на основе предложенных методов, дающее возможность на ранних стадиях проектирования ЦСДУ и взаимодействующих с ЦСДУ цифровых систем самолета определить основные требования, обеспечивающие устойчивость и согласованность вычислительных процессов в сложной многомашинной системе. Подчеркивают практическую значимость, достоверность и обоснованность предложенных методик, проведенные работы по выбору параметров системы контроля ЦСДУ SSJ-100, обеспечившие ее эффективную работу.

Автореферат диссертации отражает содержание диссертации.

Вместе с тем по автореферату есть ряд **замечаний** и предложений:

1. В работе не рассмотрено детально взаимодействие ЦСДУ и рулевых приводов с упругой конструкцией самолета, что является важным аспектом безопасности и предметом наземных и летных испытаний. Было бы интересно применить предложенные автором методики к формированию требований к цифровой системе активного подавления упругих колебаний, что является одной из функций современных ЦСДУ.

2. В работе не рассмотрено взаимодействие по цифровым линиям связи ЦСДУ с быстродействующими рулевыми приводами, у которых цифровые блоки управления расположены непосредственно на приводе.

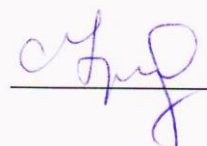
3. В работе рассмотрены основные контуры управления самолетом, но несомненный интерес представляют применение предложенных методик к управлению закрылками, что также может входить в число функций ЦСДУ, а именно к функции контроля несинхронности выпуска-уборки закрылков при обрыве трансмиссии. Жесткие требования к величине возможного рассогласования положения закрылков и высокая скорость, под действием аэродинамической нагрузки, переходных процессов при обрыве трансмиссии требуют высокого быстродействия системы контроля несинхронности выпуска-уборки закрылков.

4. В таблице 3 в столбце «Рекомендуемая частота, Гц» указаны несоответствующие числовые значения.

Существенные замечания по автореферату отсутствуют.

Содержание автореферата свидетельствует, что представленная работа посвящена решению **актуальной** проблемы, выполнена на высоком научном уровне, содержит ряд **новых**, полезных для **практического** использования результатов. Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, удовлетворяет требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор **Баженов Сергей Георгиевич** заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика и управление движением летательных аппаратов».

Главный специалист ОКБ НТЦ,
Кандидат технических наук

 С.С. Крееренко

Место работы: ПАО «ТАНТК им. Г.М. Бериева»

Рабочий адрес: 347923, Ростовская обл., г. Таганрог, пл. Авиаторов, д. 1

Рабочий телефон: 8-8634-39-08-45

Адрес электронной почты: Kreerenko@beriev.com

Подпись и реквизиты Крееренко С.С. заверяю.

Начальник управления персоналом




И.П. Савченко