

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

на тему Предиктивные модели для оценки  
трендов сложных технических систем

выполнена Матвеевой Верой Дмитриевной  
фамилия, имя, отчество студента в творительном падеже

по направлению подготовки/  
специальности 27.03.05 Иноватика  
код наименование направления подготовки/ специальности

направленности Иновации и  
наименование направления подготовки/ специальности  
управление интеллектуальной собственностью  
наименование направленности

Студент группы № M650 30.05.2020 В.Д. Матвеева  
подпись, дата инициалы, фамилия

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»

ЗАДАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИЕ  
ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРА

студенту группы М650 Матвеевой Вере Дмитриевне  
номер фамилия, имя, отчество

на тему Предиктивные модели для оценки  
трендов сложных технических систем

утвержденную приказом ГУАП от 24.03.2020 № 07-256/20

Цель работы: Разработка модели для оценки качества прогнозирования сложных  
технических систем.

Задачи, подлежащие решению: Изучить прогнозные модели и возможные методы  
прогнозирования; провести анализ потенциала технических систем на примере  
авиастроительной отрасли; провести прогнозирование программно-аппаратным способом;  
провести оценку прогнозной модели.

Содержание работы (основные разделы): исследование прогнозных моделей и методов  
прогнозирования, анализ потенциала технических систем с на примере авиастроительной  
отрасли, предиктивное прогнозирование программно-аппаратным способом.

Срок сдачи работы « 30 » 05 2020

Задание принял(а) к исполнению  
студент группы № М650 25.03.2020 В.Д. Матвеева  
подпись, дата инициалы, фамилия

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....  | 5  |
| ГЛАВА 1 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГНОЗНЫХ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ<br>ПРОГНОЗИРОВАНИЯ .....  | 10 |
| 1.1 Краткая история развития прогнозирования .....  | 10 |
| 1.2 Основные методы и классификации в прогнозировании ТС .....  | 13 |
| 1.3 Описание настоящей ситуации в области прогнозирования ТС .....  | 18 |
| 1.4 Анализ проблемной области в процессе прогнозирования .....  | 20 |
| 1.5 Создание прогнозной модели .....  | 22 |
| 1.6 Формирование показателей качества процесса .....  | 23 |
| 1.7 Применение PDPC .....   | 26 |
| Вывод по главе 1 .....  | 28 |
| ГЛАВА 2 АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА ТС НА ПРИМЕРЕ<br>АВИАСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ .....   | 30 |
| 2.1 Практика сбора данных об авиастроительной отрасли .....   | 30 |
| 2.2 Особенности и факторы воздействующие на развитие ТС .....   | 33 |
| 2.3 Формирование технической гипотезы о тренде ТС .....   | 35 |
| 2.4 Структурирование функции качества ТС и динамика развития .....  | 38 |
| 2.5 Достоинства и недостатки предиктивной аналитики в<br>прогнозирование развития технического потенциала производственных<br>изделий ..... | 40 |
| 2.6 Формирование типовых трендов в развитии потенциала технической<br>системы .....   | 41 |
| Вывод по главе 2 .....  | 45 |
| ГЛАВА 3 ПРЕДИКТИВНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОГРАММНО-<br>АППАРАТНЫМ СПОСОБОМ .....   | 46 |
| 3.1 Выбор программного обеспечения для моделирования тренда .....   | 46 |
| 3.2 Выбор модели технической системы для анализа и применения<br>методов прогнозирования .....  | 47 |
| 3.3 Применение модели прогнозирования к технической системе .....   | 47 |
| 3.4 Разработка рекомендаций для развития параметрического ряда<br>планируемый технической системы .....                                     | 49 |
| 3.5 Разработка рекомендаций по использованию предиктивной аналитики<br>на производство .....  | 53 |
| Вывод по главе 3 .....  | 54 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....  | 56 |

|                        |    |
|------------------------|----|
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 57 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А.....      | 58 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....      | 62 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ В.....      | 66 |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Огромная конкуренция на мировом рынке, разительный прогресс информационных технологий приводит различные отрасли к постижению высокопроизводительного и энергоэффективного производства. Для преодоления множества производственных задач, руководство компаний внедряет «умное производство», что характеризуется применением прогрессивных интеллектуальных систем, активным реагированием и оптимизацией процесса выпуска в режиме реального времени. Главным фактором использования такой цифровой трансформации является анализ больших данных.

Под большими данными подразумевается информация, хранящаяся в архивах и цифровых хранилищах предприятия. Сейчас данный ресурс используется малоэффективно, однако такие данные возможно применять для предиктивного анализа, расчета тенденций, построения шаблонов прогнозирования и нахождения корреляций. Анализ массива данных для поиска информации, способствующей развитию компании – это база аналитики, к которой стремятся современные компании. В случае грамотного использования такой базы данных и корректной работы над ней, могут снизиться издержки, возрасти выручка, увеличится эффективность процессов и повысится конкурентоспособность. Интеллектуальная аналитика требует больших затрат труда. Для предиктивного анализа нужный массив данных добывается путём использования различных инструментов в работе с клиентами, предоставляется менеджерами разных структур, извлекается из хранилища. Каждый инструмент требует свой подход к обработке данных. Для корректной обработки информации требуется преобразовать файлы в нужный для аналитической программы формат. Этап, завершающий анализ данных – вывод, в зависимости от которого вносят различные изменения в процессы компании.

Для обработки такого большого объема разного типа данных требуется специальное программное обеспечение. За последние годы оно значительно

улучшилось, компьютеры сейчас могут анализировать все большие объемы данных, быстрее обрабатывать запросы и выполнять более сложные алгоритмы.

На рис. 1 схематично изображены виды бизнес-аналитики с описанием и вопросами, на которые позволяет ответить проработанный компанией массив данных. Можно выделить четыре вида: описательная аналитика, диагностическая аналитика, предиктивная аналитика и предписывающая аналитика. Из названия первого вида можно сделать вывод, что речь идёт об описании процесса, о том, что произошло. Примитивная визуализация, первичная отчетность помогает наглядно показать деятельность компании за определенный временной диапазон на данном этапе. Второй вид выделен для объяснения базовых причин. Здесь применяются более сложные аналитические инструменты. Третий вид позволяет выяснить, что нужно сделать для достижения желаемого результата. Сейчас возможности машинного обучения не столь велики, поэтому способы реализации существуют, но их не много.



Рис. 1. – Виды аналитики больших данных

Четвёртый вид аналитики на сегодняшний день самый востребованный, предугадывание или прогнозирование желаний потребителя, шагов конкурентов и просто актуальности продукции – первостепенное желание любого руководителя. Сложнейшие аналитические

инструменты используются для того, чтобы заглянуть в будущее. Сейчас такие инструменты используют искусственный интеллект и технологию машинного обучения, которые допускают осуществление компьютером поиска коррелирующих показателей и решений связанных с нужным массивом данных, без участия человеческих действий. Заинтересованность компаний в изучении предиктивной аналитики связан с актуальностью этого вида прогнозирования. Здесь используется широкий спектр инструментов статистики, интеллектуального анализа данных и теории игр. Согласно классификации, существует прогнозирование как для формирования будущего, так и настоящего.

Изменения, рассчитанные с помощью инструментов, развиваются подобно S-образным кривым. Однажды появившиеся события начинают повторяться все чаще, создавая через определенный период времени новый тренд или новую парадигму, которая становится лучшей практикой. В определённый момент происходит что-то неожиданное, возможны изменения как с плохой, так и с хорошей стороны, для рынка в целом и образуется новая парадигма согласно новым тенденциям и пришедшим технологиям.

Каждый тип аналитики предполагает разный прогноз (рис. 2). Предиктивная аналитика настоящего подразумевает формирование и применение шаблонов текущего поведения и выявляет закономерности, используя весь объем имеющихся данных сейчас. Прогнозирование же будущего, наоборот, предполагает инновационные подходы с нестандартным решением для традиционного производства, генерацию новых предложений и шаблонов поведения для того, чтобы предвидеть структурный сдвиг и появление новейшей парадигмы за счет появления новых данных.

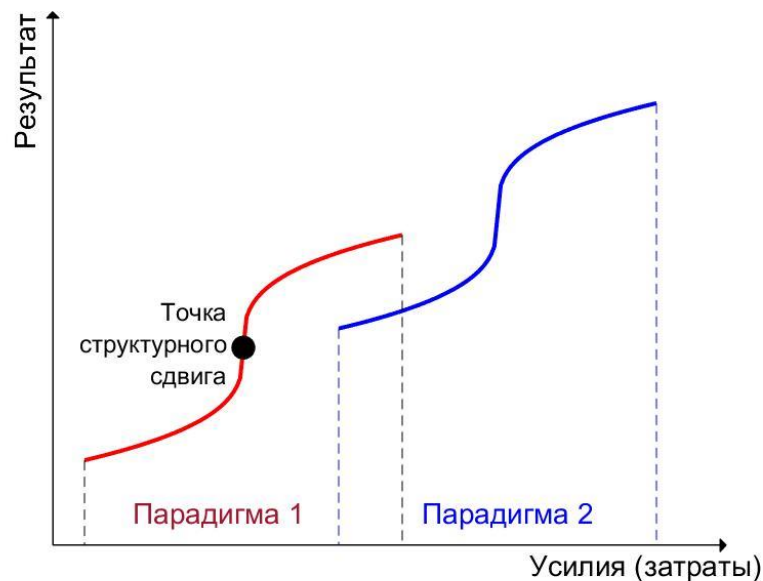


Рис. 2. – Типы предиктивной аналитики

Соответственно возможности предиктивной аналитики затрагивают не только моментальное прогнозирование настоящего, основанное на данных, полученных в реальном времени, но и позволяют собирать новые для построения трендов и прогнозирования ситуации в будущем.

Основной целью прогнозирования будущего является повышение собственной конкурентоспособности за счет реагирования в нужный момент времени на изменения рыночной среды. Но подобное реагирование подразумевает принятие руководством ряда решений, направленных на управление и создание новых стратегий на базе мониторинга. Следовательно, получая в нужное время достоверные данные благодаря предиктивной аналитике производство повышает уровень и качество процессов своего производства.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка предиктивной модели оценки трендов для сложных технических систем.

Для достижения цели выпускной квалификационной работы необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить прогнозные модели и возможные методы прогнозирования;



2. Провести анализ потенциала технических систем на примере авиастроительной отрасли;

3. Провести предиктивное прогнозирование программно-аппаратным способом.

Объектом исследования работы является тренд развития для сложных технических систем.

Предметом исследования работы является разработка модели оценки трендов для сложных технических систем.

# ГЛАВА 1 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОГНОЗНЫХ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

## 1.1 Краткая история развития прогнозирования

Мышление первобытного человека прошло долгое формирование, чтобы в конечном итоге прийти к пониманию разграничения временного полотна. Долгий период времени шло осознание связности и взаимозависимости событий, представление причинно-следственной логической структуры возникло довольно поздно. Для человека существовало только настоящее, затем следовало возникновение другого времени, отличного от настоящего, оно приходило с появлением мифов, сверхъестественных героев и фантастических сил, но также оставалось очень похожим на окружающую среду. Влияние оказывал, так называемый, презентизм первобытного мышления. Это означает, что прошлое и будущее мыслилось подобно настоящему, лишь немного, в зависимости от развитости мышления, отходя от привычной картины мира.

Проявления презентизма можно увидеть и в наши дни, ярче всего он виден в простой жизни, но иногда замечен и в современных разработках, где прогнозист из-за инертности мышления «боится» слишком кардинальных изменений, что показывает проявление психологического эффекта футурофобии – боязни радикально отличного от настоящего будущего.

Перед осознанием деления временного полотна и существования других видов времени, человек добился понимания иного мира, куда отправлялись мертвые. Только после сформировалось психологическое осознание мира в ином временном пространстве, человек постиг отличия и одновременную с тем зависимость времени. Весь этот тяжёлый процесс развивался в трех направлениях: религиозному, утопическому и философско-историческому.

Современное состояние человеческого рода имеет колоссальные отличия от устоев и догм прошлого. Матриархат, после патриархат разные этапы их развития, восприятие этих стадий с разных сторон, разными

взглядами - все эти деления общественного строя имели огромное количество названий. По большому количеству аспектов, среди которых техническое развитие, рост промышленности и строительства, активная добыча ресурсов, взаимоотношения между людьми, установка гендерных прав, течение моды, типы проведения свободного времени, за ближайшие пару десятков лет жизнь изменилась сильнее чем в самые революционные эпохи. Но главные стереотипы, которые не дают изменить сознание людей по отношению к новшествам в будущем, к страху перед изменениями, были заложены именно в те великие исторические этапы прошлого.

Уйти клише труда и быта помогло их преобразование и органическое внедрение в список устоявшихся традиций и нравов различных культур. Мнение окружающих оказывало на такое преобразование колоссально негативное воздействие и пропагандировало жесткое следование установленным ранее порядкам и контролировало малейший уход за рамки путём психологического воздействия на личность.

Ярлыки поведения и социального общения сильно укоренялись благодаря базовым потребностям человека в самоутверждении и самоуважении за счёт проявления мнения окружающих. Такие потребности проще всего достигнуть слепо следуя установленным канонам и гораздо тяжелее поверить во что-то новое и выйти из-под крыла стандартов прошлого, нетрудно представить как велик негатив по отношению к выходу из зоны комфорта обычного человека. Простой менталитет обычного индивида не готов принять необоснованные и не дающие стопроцентных гарантий на успех изменения, пожертвовав своей не столь долгой жизнью, для развития новшества в какой-то неограниченной перспективе. Уподобление привычным действиям и негатив к новому, лишь показывает проявление индивидуализма и простого страха за свое благосостояние. С каждым разом такое отношение лишь сильнее уверовало людей в правдивости и правильности своих действий.

В случае, если бы в мире существовали лишь силы способные двигаться по заранее проложенной дороге, не ища новых путей, человечество было бы обречено на стагнацию. Ко всеобщей радости человеку свойственно самоутверждаться и совершая рискованные поступки для реализации своих нужд и потребностей, улучшения своей жизни в быту и масштабах мирового производства для всего человечества. Интерес и стремление к постоянному движению, увеличению возможностей позволяет некоторому сегменту людей делать прорывные шаги для прорывов в каждой эпохе. Баланс в этом аспекте помогает достигнуть гармонии и спокойного развития человечества и по сей день, прогресс достигает именно тех темпов, которые может осмыслить и догнать мир. Сейчас масштабы прорывов с каждым разом всё больше, происходит сдвиг к мощным изменениям в нашей жизни.

Чаще всего ко второму типу «активного» населения относится малая толика людей, пропорциональный дисбаланс колоссален. Потенциал в изобретении, продвижении и освоении нового свойственен каждому, но лишь немногие готовы прорваться сквозь пелену стереотипов, препятствующих нашему сознанию перед преобразованиями, очень сильно воздействие массы на мышление.

Но не только психологическое воздействие окружающих влияет на склонность к выбору стандартного пути решения, историческая база, негативный опыт разрушителен для желания попробовать что-то новое, а именно рискнуть. Страх перед повтором плачевного опыта, перед последствиями, которые повернут человека вспять на тысячи шагов, что придется восполнять, чтобы хоть как-то достигнуть прошлой отметки на шкале уровня жизни, не дает пройти всем предложенным идеям суд окружающих. На тысячи новшеств только одна или две смогут перейти на ступень развития выше, но не факт, что достигнут финиша этой гонки.

Прослеживается параллель между историческим развитием представлений о будущем и продвижения практики предиктивной аналитики

сегодня, что говорит о малой подготовке теорий, методик и моделей в данной области.

## **1.2 Основные методы и классификации в прогнозировании ТС**

Самой существенной на сегодняшний день областью развития техники является прогнозирование всех ее направлений развития, что позволяет грамотно распределять работу, привлекать пропорционально верное количество силы на нужные аспекты проектов, выгодно манипулировать вложениями в соответствии с движениями рынка. Все это позволяет уменьшить риски компании, повысить качество производства и сэкономить трудозатраты всего производственного состава.

Прогноз позволяет всякому техническому работнику с минимальными потерями во времени и гораздо более высоким качеством, и продуктивностью решить любую задачу. Знание будущего в рамках технических систем позволяет улучшить до этого, казалось бы, идеальный и отлаженный процесс производства, найти новые конструкторские подходы к разработке системы, улучшить процесс выявления ошибок. Отсутствие взгляда в будущее окажет отрицательное воздействие на процесс любого работника: инженеров, конструкторов, технологов и т.д., без прогноза качество работы резко упадет.

Всё множество имеющихся в мире моделей прогнозирования можно разделить на два кластера: нормативные методы прогнозирования и изыскательские.



Рис. 3. – Классификация методов прогнозирования

Нормативное прогнозирование можно отнести скорее к планированию. Имея какую-то конечную цель, происходит сбор и анализ массива данных (сводные таблицы, списки и графики) для четкого и поэтапного достижения поставленных целей. Сюда относится довольно популярный метод Паттерн, суть которого заключается в научно-техническом анализе и оценки количественных данных, а также много других методов «дерева целей».

К изыскательским методам относятся три категории: экспертное прогнозирование, аналогии и экстраполяция.

Самый древний метод прогнозирования – экспертный, основанный на мнениях компетентных работников. Прогноз появляется благодаря субъективному, но основанному на многолетней практике совету эксперта в нужной области. Используются методы ухода от субъективизма за счёт привлечения большего числа экспертов, т.е. увеличения количества мнений. Один из методов, основанный на экспертном мнении – метод Дельфи. Корректность такого прогноза базируется на трёх условиях: участники должны высказываться анонимно, для уменьшения возможного психологического давления, оказываемого благодаря жизненному уровню и силе слова; проведение опроса более одного раза поможет посмотреть на

решение проблемы с разных сторон и дать возможность обдумать первый ответ с осознанием большего числа рисков, о которых в начале было трудно вспомнить; статистическая оценка группового опроса даст точное понимание того, к какому из вариантов решения склоняется большее число экспертов.

Такие методы на временном опыте показывают, что чаще всего все расчеты приходят к усредненному и банальному мнению большинства. В то время как есть доля вероятности, что в группе экспертов найдётся что-то новое, исходящее от человека с более широкой эрудицией, но не принятое большинством мнение.

Аналогия в прогнозировании имеет место быть. Если имеется некая взаимосвязь между объектами, то в основу вновь изобретаемого берётся уже заранее разработанная и работающая модель, но успех такого комбинирования зависит исключительно от везения и максимально правильного выбора прототипа, а рекомендации к таковым не существуют.

Метод экстраполяции полностью основан на уже ранее успешной тенденции без учета каких-либо изменений и влияний, возникающих извне. Это может сработать лишь на прямых участках S-образной кривой, т.е. на непродолжительный отрезок времени. В начале тенденции прогнозирование может быть негативным, но в переломный момент, после скачка картина может колоссально измениться, как и наоборот. В итоге темпы роста и развития могут либо отставать от действительности, либо опережать ее и ничто из этого не окажет позитивного влияния.

В отдельных случаях метод экстраполяции работает весьма успешно и математические вычисления происходят весьма грамотно при количественном развитии параметров, но не при качественных скачках. В то же время усовершенствование метода останавливается из-за использования в самом начале не точных массивов данных, от дезинформации не защищен никто. Многие не учитывают динамику развития различных технических систем, а ведь ее различие целиком и полностью влияет на понимание временного диапазона выборки для прогнозирования.

## Сравнительный анализ методов прогнозирования

| 1. Фактографические методы прогнозирования |  |
|--|--|
| Фактографический метод прогнозирования     | Метод прогнозирования, базирующийся на использовании источников фактографической информации.   |
| Статистический метод прогнозирования       | Фактографический метод прогнозирования, основанный на построении и анализе динамических рядов характеристик объекта прогнозирования  |
| Прогнозная экстраполяция                   | Метод прогнозирования, основанный на математической экстраполяции, при котором выбор аппроксимирующей функции осуществляется с учетом условий и ограничений развития объекта прогнозирования.  |
| Прогнозная интерполяция                    | Метод прогнозирования, основанный на математической интерполяции, при котором выбор интерполирующей функции осуществляется с учетом условий и ограничений развития объекта прогнозирования.  |
| Метод исторической аналогии                | Метод прогнозирования, основанный на установлении и использовании аналогии объекта прогнозирования с одинаковым по природе объектом, опережающим первый в своем развитии   |
| Метод математической аналогии              | Метод прогнозирования, основанный на установлении аналогии математических описаний процессов развития различных по природе объектов с последующим использованием более изученного и более точного математического описания одного из них для разработки прогнозов другого. |
| Патентный метод прогнозирования            | Опережающий метод прогнозирования, основанный на оценке (по принятой системе критериев) изобретений и исследовании динамики их патентования  |
| Публикационный метод прогнозирования       | Опережающий метод прогнозирования, основанный на оценке публикаций об объекте прогнозирования (по принятой системе критериев) и исследовании динамики их опубликования   |
| 2. Экспертные методы прогнозирования       |  |
| Экспертный метод прогнозирования           | Метод прогнозирования, базирующийся на экспертной информации   |
| Метод индивидуальной экспертной оценки     | Метод прогнозирования, основанный на использовании в качестве источника информации одного эксперта   |



|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Метод интервью                       | Метод индивидуальной экспертной оценки, основанный на беседе эксперта с прогнозистом по схеме "вопрос - ответ".  |
| Метод коллективной экспертной оценки | Метод прогнозирования, основанный на выявлении обобщенной обьективированной оценки экспертной группы путем обработки индивидуальных, не зависимых оценок, вынесенных экспертами, входящими в группу  |
| Метод экспертных комиссий            | Метод коллективной экспертной оценки, состоящий в совместной работе объединенных в комиссию экспертов, разрабатывающих документ о перспективах развития объекта прогнозирования  |
| Матричный метод прогнозирования      | Метод прогнозирования, основанный на использовании матриц, отражающих значения (веса) вершин граф-модели объекта прогнозирования, с последующим преобразованием матриц и оперированием с ними  |
| Дельфийский метод                    | Метод коллективной экспертной оценки, основанный на выявлении согласованной оценки экспертной группы путем их автономного опроса в несколько туров, предусматривающего сообщение экспертам результатов предыдущего тура с целью дополнительного обоснования оценки экспертов в последующем туре  |
| Метод коллективной генерации идей    | Метод коллективной экспертной оценки, основанный на стимулировании творческой деятельности экспертов путем совместного обсуждения конкретной проблемы, регламентированного определенными правилами: запрещается оценка выдвигаемых идей, ограничивается время одного выступления, допускаются многократные выступления одного участника, приоритет выступления имеет эксперт, развивающий предыдущую идею, обязательно фиксируются все высказанные идеи, оценка выдвинутых идей осуществляется на последующих этапах |
| Метод управляемой генерации идей     | Метод коллективной генерации идей с использованием целенаправленного интеллектуального воздействия (усиливающего или подавляющего) на процесс генерации идей   |
| Аналитический метод                  | Метод прогнозирования, основанный на получении экспертных оценок путем логического   |

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| прогнозирования                       | анализа прогнозной модели.   |
| Метод построения прогнозного сценария | Аналитический метод прогнозирования, основанный на установлении логической последовательности состояний объекта прогнозирования и прогнозного фона во времени при различных условиях для определения целей развития этого объекта. |
| Морфологический анализ                | Метод прогнозирования, основанный на построении матрицы характеристик объекта прогнозирования и их возможных значений с последующим перебором и оценкой вариантов сочетаний этих значений.   |

Главными ошибками являются также развитие прогноза по пути наиболее понятному, а не тому, который действительно нужен. Борьба с таким видом погрешности ведётся благодаря снятию с прогнозистов каких-либо мер ответственности за их работу, итогом прогноза остаётся только размытые параметры, но не способ достижения развития следующего этапа.

Все недостатки в целом исходят из одного простого принципа – метод проб и ошибок. Ущерб от него пропорционально связан с масштабностью анализируемого процесса или объекта, а правильность прогноза и возможность его проверки относится на неопределенный срок.

### **1.3 Описание настоящей ситуации в области прогнозирования ТС**

Огромные возможности прогнозирование предоставляет научно-техническому прогрессу. Так происходит благодаря серьезному развитию науки и техники, особенно показательна техническая революция, происходящая с колоссальной скоростью в мире прямо сейчас. Благодаря ей и всему тому стремительному потоку изменений, который происходит вокруг нас, прогнозирование технических систем на столько актуально сейчас и в будущем.



Рис. 4. – Результаты опроса компаний относительно направлений использования в их деятельности предиктивной аналитики

Широкий диапазон действий в различных процессах компаний даёт использование предиктивной аналитики (рис. 4). Главными направлениями использования на сегодняшний день являются продажи и маркетинг. Производства стремятся максимально расширить свои возможности на рынке сбыта, улучшить взаимодействие с клиентом и просто расширить сегмент своего потребителя. Более 75% респондентов планируют использование предиктивного анализа на базе своих производств. Добавляется огромный спектр областей, куда становится возможным внедрение данной модели.

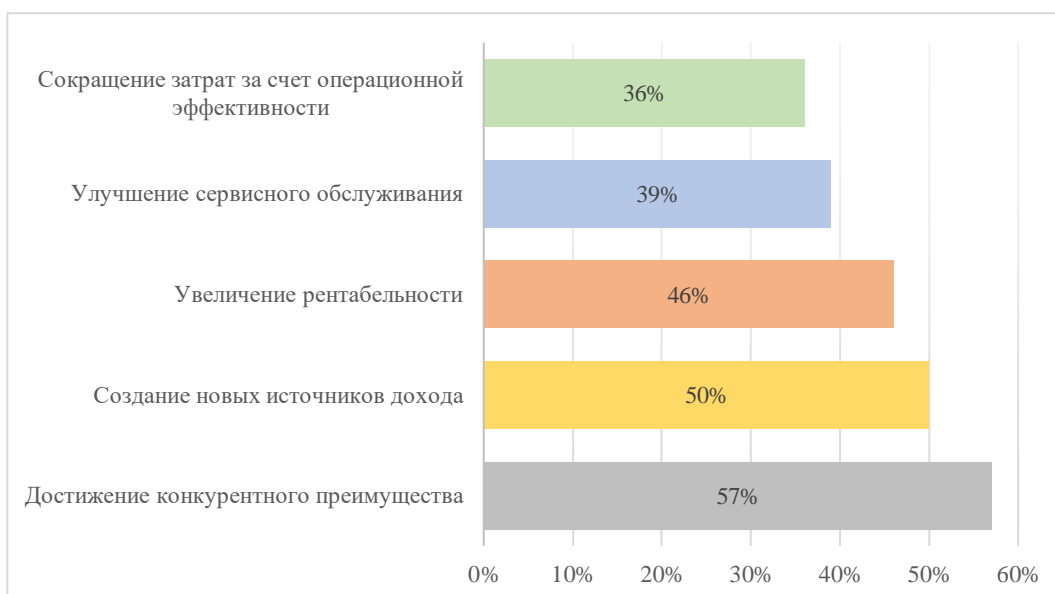


Рис. 5. – Преимущества от использования предиктивной аналитики (по данным Intel Corporation)

Прогнозная аналитика оказывает существенное влияние и добавляет множество преимуществ на различные аспекты компании. Использование прогнозирования возможно в различных временных диапазонах. Прогноз роста рынка предиктивной аналитики с прогрессированием машинного обучения на ближайший год вырастит до 15%, такое изменение подкреплено активным внедрением всех аспектов Индустрии 4.0.

#### 1.4 Анализ проблемной области в процессе прогнозирования

Следует сказать, что часто в работе используют самые обычные и наименее затрачиваемые трудовые ресурсы способы прогнозирования технических систем и инновационной деятельности, большая часть предприятий в связи с нехваткой компетентных специалистов не разбираются в новой, для их организации, области до конца и пользуются неправильными алгоритмами, создают неправильную прогнозную модель.

Процесс прогнозирования, к какому бы виду он не относился, на сегодняшний день проходит начальную стадию развития. Не многие готовы сразу довериться новой тенденции и инструменту, каким бы он не казался многофункциональным и нужным. Так как процесс прогнозирования

коррелируются с огромным числом областей и еще большим числом поднимаемых проблематик, для которых нужно своё уникальное решение, подходы к построению моделей, показывающих хоть малую толику тренда и развития нужного предприятия или продукта, разрабатывается новый метод решения. Сейчас путей построения прогнозных моделей очень много. Но даже такое число не позволяет до сих пор выработать оптимальный или немного подходящий подход нужный большинству. Конечно, есть методики, которые позволяют понять путь минимального развития, но точность таких подходов не может быть даже близка к ста процентам. Знаний в области прогнозного аппарата колоссально не хватает для расчета точных алгоритмов и приобретения новых знаний, помогающих полностью избежать риски, возникающие с внешней и внутренней сторон рынка.

По окончанию расчетов с использованием различных аппаратов возможно увидеть все три различных и возможных направлений развития системы. Первый из возможных вариантов покажет, что развитие будет следовать в верх и тренд будет показывать исключительно положительные картины развития. Второй вариант покажет стабильное движение без резких или даже крохотных колебаний и малейших подвижек к развитию. И третий – вариант, где все выходит из-под контроля, тренд уходит вниз с течением времени и вынуждает руководство срочно производить какие-либо изменения на производстве, которые способствуют преобразованию и предотвращению приближающегося прогноза. Но если прогноз не верен, то предпринятые действия, которые последуют за ним смогут нанести колоссальный урон предприятию или некоторому из его отделов.

Неточное понимание итога способствует некорректному подбору исходных данных для построения прогнозной модели. Знание до мелочей конечного пункта поспособствует точному отбору и фильтрации массиву информации, которая будет обладать только тем набором характеристик и функционалом, который нужен для решения поставленных перед руководством задач при помощи всех этапов прогнозирования.

Обозначенные выше проблемы способствуют более глубокому анализу выбранной области, ведь перспективы развития данного направления раскидываются на практически все отрасли современной научно-технической жизни. Тот рост, который сейчас происходит в информационно-программном обеспечении производств и их процессов позволит с каждым разом все дальше и качественнее формировать картину будущего благодаря тем алгоритмам и массиву данных, которые будут использоваться в обновлённой и инновационной технике способной шаблонными методами преобразовать данные ресурсы в на столько нужный для рыночной конкуренции продукт, как прогноз.

### **1.5 Создание прогнозной модели**

На данный момент модели предиктивного анализа, применяющиеся чаще всего в области цифрового бизнеса и технической области предприятия, представлены в виде прогрессивной модели, построенной в единении со временем, которая разделена на несколько разделов.

Первый этап называется определение проекта. К нему относятся определение желаемых окончательных результатов работы, практических итогов, масштабы трудозатрат, производственные цели, массив данных, для дальнейшей работы.

. Второй этап – сбор данных. За ним закреплен сбор данных для снабжения процесса прогнозирования, здесь происходит сбор и анализ данных из всех возможных ресурсов, связанных с прогнозируемым объектом.

На третьем этапе происходит анализирование массива данных. Всю полученную информацию подвергают фильтрации с учетом определенных для каждого случая критериев. Выделяется только самое необходимое и точное для большей точности прогноза.

Четвертый этап – статистика, которая в свою очередь проверяет правильность предположений, расчетов и гипотез, используя утвержденные статистические модели.

На пятом этапе происходит моделирование. Предиктивным моделированием пользуются для автоматического создания точных предиктивных моделей состояния прогнозируемого объекта или процесса. Выбираются наилучшие пути решения с наименьшим количеством критериев.

Последний этап включает в себя внедрение разработанной прогнозной модели и ее применение с помощью сформированных моделей и отчетов. Все это позволяет и автоматизировать процесс погружения производства в автоматизированную среду принятия решений в менеджменте.

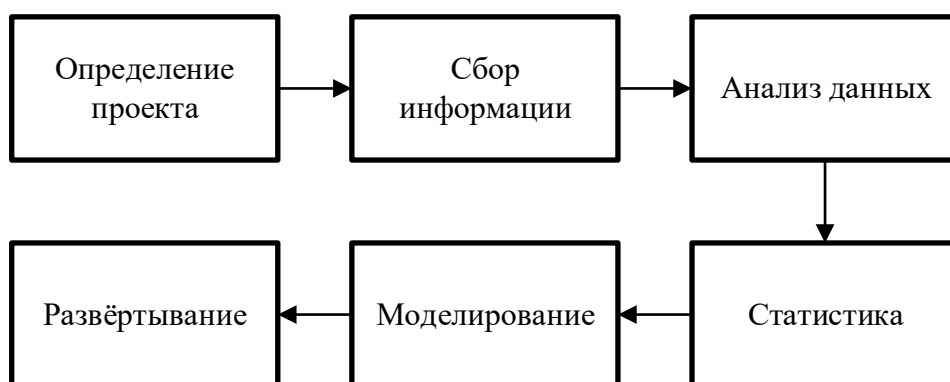


Рис. 6. – Модель построения прогноза

В разработанной модели прогнозной аналитики (рас.6) представлен обобщенный вид очень масштабного процесса. Но и тут прослеживается тенденция использования человеческого труда в большей степени чем автоматизированных процессов. Здесь роль человека значительна, хоть это и принесет отрицательный результат для процесса прогнозирования в связи со множеством негативных факторов, рассмотренных ранее. Также система не накладывает рамки на количество и тип источников данных, обработкой и анализом которых может заниматься искусственный интеллект и машинное обучение.

## 1.6 Формирование показателей качества процесса

Оценка качества прогнозной модели оценивается благодаря надежности, точности, достоверности и ошибки. Надежность показывает неопределенность в течении некоторого периода времени прогнозируемого

объекта. Достоверность показывается вероятностью, с которой прогноз будет в определенный момент с учетом всех побочных обстоятельств. Интервалы между рассчитанными прогнозными траекториями на едином уровне достоверности показывает точность. Ошибка прогноза проявляется благодаря отклонению от уже известных ранее параметров прогнозируемого объекта. Но точного описания для данных характеристик не предусмотрено, так как полученные результаты не с чем сравнить.

На сегодняшний день широко распространена верификация прогнозов. Данный процесс несет под собой оценку качества, достоверности, точности и обоснование исследования, определяется оценка критериев качества. Именно благодаря верификации сейчас прогнозирование выходит на тот уровень точности, который позволяет существовать подобному инструменту на производственном рынке. Ведь благодаря неточностям и не идеальности имеющихся моделей получаемые данные слишком слабы, чтобы на них опираться для применения каких-либо мер.

Главной проблемой для получения качественной и надежной модели прогноза являются первые этапы всего прогнозирования. Неопределенность в обозначенной цели и задачах, слабое понимание прогнозируемого процесса или объекта, что влечет в дальнейшем выбор неправильного пути для расчета развития и модели.

Точность прогноза выявляется благодаря доверительному интервалу для нужной вероятности осуществления, ошибка же – отклонение от имеющихся данных. Одной из самых главных и общих характеристик, показывающих качество прогнозируемого объекта, остается надежность прогноза, которая в свою очередь отражает результирующую характеристику качества всего объекта в целом. Под надежностью имеется ввиду гораздо более широкое понятие, чем та же точность, которая показывает небольшое количество данных в зависимости от времени и вероятности. Под надёжностью должно проявляться несколько больше характеристик:



устойчивость рассчитанных показателей, успешность, эффективность и функциональность процесса на протяжении всего прогнозирования.

Если брать лишь одно понятие, то следствием станет низкое качество модели. Комплекс всех характеристик позволит добиться максимально объективной точности и довольно приближенному к максимальному качеству прогнозной модели.

В конечном итоге на правильность прогноза влияет два аспекта: грамотный подбор и фильтрация массива данных, который выбирают, основываясь на всех изученных и проанализированных данных о прогнозируемом объекте и правильности применения этого массива, которая зависит от правильности выбираемой методики для постройки модели.

Прогноз не может быть более надежным, чем самая ненадежная исходная информация, гипотеза и предпосылка, лежащие в его основе. Это особенно важно применительно к долгосрочному прогнозированию товарных рынков, где концептуальное несоответствие содержательных предпосылок реальной сути закономерностей развития мировой экономики в целом и отдельных стран является главным источником ошибок. Прогнозная модель не может быть точнее, чем те исходные данные, на базе которых она рассчитывалась. Особенно это относится к долгосрочным прогнозам.

Долгосрочное единение динамики и инертности в свою очередь лежат в основе нормального функционирования рынка на всех его исторических этапах. Эти аспекты дают понимание о длительности стабильного периода на рынке (проблема выбора периода ретроспективы) и о его динамике (проблема определения числа соотношений, меняющихся со временем факторов). Основой прогнозов остается устойчивость рыночных свойств, некая стабильность в изменениях и направлении, скорости их изменений.

## 1.7 Применение PDPC



Рис. 7. – Процесс предиктивного анализирования данных

Главным аспектом прогнозирования остается сбор и анализ массива данных прогнозируемого объекта технической системы с целью получения максимально детализированной картины о нем и составлении ее в будущем. Метод PDPC дает возможность за счет построения блок-схемы предиктивного анализа детально рассмотреть взаимозависимые этапы для более эффективного и менее трудоемкого процесса обработки составленной базы данных. Система дает возможность просмотреть все шаги на пути от начала и до самого конца.

На рис.7 показаны весь список работ для формирования прогноза. Разрабатывая подобную модель, технический работник проходит этапы от подготовительного до после-прогнозного с поправкой на индивидуальность

своего проекта. Имеется возможность пропускать этапы, но с потерей качества самого прогноза.

На первом этапе, который называется подготовительным, обсуждаются и разрабатываются цель, итоги, период работ, трудовой штат, локация, расписание и план встреч и работы (рис. 8). Ко всему прочему обсуждается бюджет проекта, защиты интеллектуальной собственности и конфиденциальность. Знакомство с уникальными задачами каждого члена команды, погружение в смысл прогнозирования и теории решения изобретательских задач для разрешения предстоящей задачи.

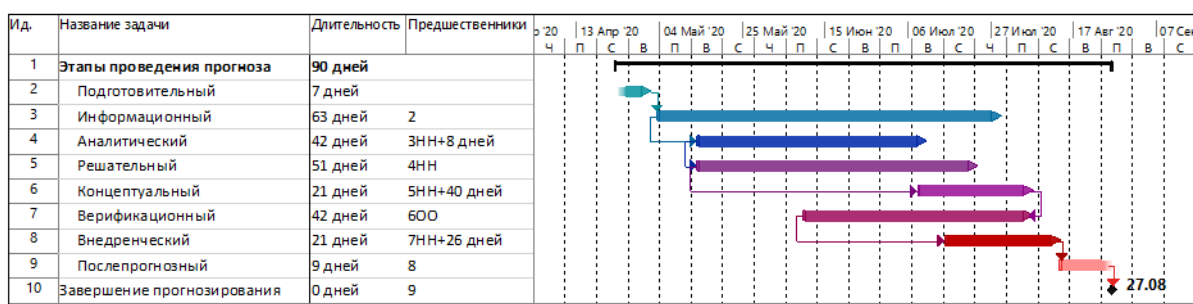


Рис. 8. – Диаграмма Ганта процесса прогнозирования

Информационный этап – второй. Он затрагивает сбор и анализ массива данных о прогнозируемом объекте технической системы, а также изучение подсистем, структурных элементов и индивидуальной уникальной информации. Все сведения регулярно обновляются на протяжении всего периода построения прогноза.

Четвертый этап включает в себя построение существующей модели прогнозируемого объекта технической системы, наглядно демонстрируются все нюансы структуры, функционала, истории, параметров, патентов, предшествующих противоречий.

При помощи теории решения изобретательских задач происходит разрешение поставленных целей и главных противоречий в прогнозируемом объекте технической системы на решательном этапе.

На прогнозном этапе найденные идеи и решения задач объединяют в прогнозную концепцию. При построении концепции составляется

техническое задание на поиск технологий, машин, материалов, применение которых позволит реализовать идеи прогнозной концепции.

Концептуальный этап включает в себя вся проанализированная и оформленная информация выстраивается в одну прогнозную концепцию с учетом всех исследованных нюансов. Здесь же формируется список всех нужд для дальнейшей работы над проектом.

Далее следует проверка качества, а именно верификация, по итогам которой вносятся коррективы и новые предложения о модернизации.

Внедренческий этап представляет собой формирование итоговых схем и принятие окончательных решений без внесения дальнейших поправок. Разрабатывается подробный план процесса для дальнейшей реализации.

После-прогнозный этап — это итог, где происходит непосредственное внедрение и работа на разработанном шаблоне, уточняют мелкие недочеты, анализируется результат внедренной работы.

## **Вывод по главе 1**

В данном разделе были затронуты исторические факты прогнозирования и отношение человечества с течением времени к временным изменениям и непосредственно к взгляду на знание будущего. Были выделены основные методы прогнозирования технических систем и проанализирована настоящая ситуация на производственном рынке в области прогнозирования. Определена проблемная область и подчеркнуты те области прогнозирования, которые тормозят развитие качества данного процесса. Была разработана прогнозная модель и на ее основе с использованием метода PDPC расписан процесс прогнозирования технической системы прогнозируемого объекта или процесса, отмечены показатели качества прогнозирования.

Предиктивная аналитика считается направлением по анализу больших данных, помогает различным компаниям следовать нужному направлению для более корректных и выгодных шагов в дальнейшем. Благодаря анализу

огромного массива данных у появилась возможность улучшать производство, выходить на его новые уровни с учетом всех рисков и новых тенденций планировать развитие и последующие шаги, что положительно сказывается на множество аспектов и областей научно-технического мира.

## **ГЛАВА 2 АНАЛИЗ ПОТЕНЦИАЛА ТС НА ПРИМЕРЕ АВИАСТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

### **2.1 Практика сбора данных об авиастроительной отрасли**

Одним из наиболее трудоемких этапов любого типа исследования, а особенно направления прогнозирования, является сбор нужного массива данных. На основе этого блока информации ведутся дальнейшие расчеты и выдвигаются научные теории, которые и являются стержнем всей работы. Корректность выбора и фильтрации массива целиком и полностью отражается на точности и правильности выводов, отраженных в результатах проведенной работы. Это один из самых трудоемких и долгих этапов всего процесса написания исследовательской работы.

Процесс поиска имеет несколько видов. В зависимости от типа работы выбирается нужная комбинация ресурсов для поиска данных нужной области, формата и достаточного объема.

Для начала исследуется информация из самых ближайших ресурсов, затем приходит черед анализирования данных, доступ к которым нужно получить, приложив некоторые усилия. Отрасль авиастроения обладает малым количеством открытых правдивых ресурсов в ближайшем доступе. Для изучения отечественного авиастроения гражданского типа и всего авиастроения в целом был получен доступ к библиотеке университета и города, городским архивам и иностранной литературе, где подробным образом описывался некоторый объем летно-технических характеристик и истории, который в дальнейшем был успешно использован для написания работы и построение предиктивной модели оценки тренда отечественного авиастроения на базе нескольких самых популярных заводов, их исторических данных о выпускаемых моделях гражданской авиационной техники. Следует сделать поправку на то, что даже с учетом того, что взятая гражданская область авиастроения не была столь засекречена, как военная, полученный объем данных был не столь велик, как хотелось бы, для максимально точных расчетов данной исследовательской работы.

Массив данных для выполнения задач данной работы заимствован из научно-технической литературы и непосредственных официальных источников Объединенной авиастроительной корпорации («ОАК»), где в свою очередь были выделены 5 наиболее известных в проектировании гражданских самолетов заводов. Среди них государственные предприятия по разработке, производству и ремонту самолётов: ОКБ им. О.К. Антонова, Конструкторское бюро «Туполев», Компания «Сухой», Авиационный комплекс имени С. В. Ильюшина, ОКБ им. А.С. Яковлева. Лётно-технические характеристики (далее ЛТХ) в количестве пяти штук были взяты среди таких популярных в отечественном авиастроении моделей основной модификации как: Ан-, Ту-, Су-, МС-, Ил-, Як-. Полученные характеристики были проанализированы начиная с проектирования первого гражданского самолета начала 20 века и по наши дни.

| Наименование завода    | АН                               | 1946                                | 1950                                | 1950                          |
|------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
|                        |                                  | Ан-2<br>Лёгкий многоцелевой самолёт | Ан-4<br>Лёгкий транспортный самолёт | Ан-14<br>Транспортный самолёт |
| АНТК им. О.К. Антонова | Н, л.с.                          | 1000                                | 1000                                | 2 × 300                       |
|                        | Пассажироместность, чел          | 12                                  | 9                                   | 9                             |
|                        | м, т (пустого)                   | 3,4                                 | 3,7                                 | 2,6                           |
|                        | ПН(грузоподъемность), т          | 1,5                                 | 1                                   | 0,7                           |
|                        | Lmax, км                         | 990                                 | 1800                                | 680                           |
|                        | Vmax, км/ч (допустимая скорость) | 258                                 | 230                                 | 210                           |

| 1954                        | 1955                                     | 1955                 | 1958                               | 1960                 |
|-----------------------------|--|----------------------|------------------------------------|----------------------|
| Ан-8                        | Ан-10                                    | Ан-12                | Ан-24                              | Ан-22                |
| Военно-транспортный самолёт | Среднемагистральный пассажирский самолёт | Транспортный самолёт | Пассажирский турбовинтовой самолёт | Транспортный самолёт |
| 2 × 5180                    | 4 × 4000                                 | 4 × 4250             | 2 × 2550                           | 4 × 15 265           |
| 40                          | 112                                      | 90                   | 52                                 | 290                  |
| 24,3                        | 32,5                                     | 50                   | 13,4                               | 118,7                |
| 11                          | 14                                       | 21                   | 6,5                                | 80                   |
| 4400                        | 4000                                     | 5530                 | 2820                               | 8500                 |
| 520                         | 675                                      | 660                  | 460                                | 650                  |

| 1961                 | 1964                        | 1964                        | 1967                 | 1968             |
|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|------------------|
| Ан-34                | Ан-26                       | Ан-3                        | Ан-28                | Ан-124           |
| Транспортный самолёт | Военно-транспортный самолёт | Лёгкий многоцелевой самолёт | Пассажирский самолёт | Грузовой самолёт |
| 2 × 2550             | 2 × 2820                    | 1375                        | 2 × 1025             | 4 × 4030         |
| 37                   | 38                          | 24                          | 17                   | 88               |
| 14,5                 | 15,8                        | 3,6                         | 3,5                  | 178400           |
| 5                    | 5,5                         | 1,8                         | 1,7                  | 120000           |
| 1890                 | 2660                        | 1140                        | 1980                 | 15700            |
| 540                  | 540                         | 225                         | 350                  | 865              |

| 1972(1975)                        | 1975                              | 1976                              | 1983             | 1984                        |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------|-----------------------------|
| Ан-32                             | Ан-72                             | Ан-74                             | Ан-225           | Ан-70                       |
| Многоцелевой транспортный самолёт | Многоцелевой транспортный самолёт | Многоцелевой транспортный самолёт | Грузовой самолёт | Военно-транспортный самолёт |
| 2 × 5180                          | 2 × 6500                          | 2 × 6500                          | 6 × 6700         | 4 × 11000                   |
| 50                                | 10                                | 10                                | 70               | 300                         |
| 17,4                              | 19,5                              | 19,5                              | 250              | 73                          |
| 6,7                               | 15                                | 15                                | 390              | 47                          |
| 3000                              | 4700                              | 4700                              | 15400            | 8000                        |
| 460                               | 720                               | 720                               | 870              | 890                         |

| 1987                 | 1991                      | 1993                                     | 2001                                     |
|----------------------|---------------------------|--|--|
| Ан-38                | Ан-140                    | Ан-148                                   | Ан-158                                   |
| Пассажирский самолёт | Грузопассажирский самолёт | Ближнемагистральный пассажирский самолёт | Среднемагистральный пассажирский самолёт |
| 2 × 1500             | 2 × 2500                  | 2 × 3400                                 | 2 × 4910                                 |
| 27                   | 52                        | 80                                       | 99                                       |
| 5                    | 12,8                      | 22,5                                     | 25                                       |
| 2,5                  | 6                         | 10                                       | 9,8                                      |
| 1450                 | 3650                      | 4400                                     | 4400                                     |
| 405                  | 540                       | 870                                      | 870                                      |

Рис. 9. – Ретроспективный анализ ЛТХ моделей гражданской авиации основной модификации АНТК им. О. К. Антонова

| Конструкторское бюро<br>«Туполев» | ТУ                        | 1946      | 1953                            |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------|---------------------------------|
|                                   |                           | Ту-70     | Ту-16                           |
|                                   | Пассажирский самолёт      |           | Реактивный многоцелевой самолёт |
|                                   | N, л.с.                   | 4 × 2 400 | 2 × 4500                        |
|                                   | Пассажировместимость, чел | 72        | 7                               |
| m, т (пустого)                    | 38,2                      | 37,2      |                                 |
| ПН(грузоподъемность), т           | 8,6                       | 41,8      |                                 |
| Lmax, км                          | 5000                      | 7200      |                                 |
| Vmax, км/ч (допустимая скорость)  | 568                       | 1050      |                                 |

| 1956                                    | 1957   | 1958                        |
|---|--|-----------------------------|
| Ту-104                                  | Ту-116   | Ту-107                      |
| Пассажирский самолёт на реактивной тяге | Пассажирский самолёт (переоборудованный ракетоносец) | Военно-транспортный самолёт |
| 2×5100                                  | 4 × 8948   | 2 × 7000                    |
| 110                                     | 30   | 100                         |
| 42,8                                    | 68,3   | 43                          |
| 9                                       | 69,7   | 10                          |
| 2900                                    | 15200  | 2740                        |
| 913                                     | 945  | 972                         |

| 1961   | 1962                 | 1966                 |
|--|----------------------|----------------------|
| Ту-114   | Ту-124               | Ту-134               |
| Турбовинтовой дальнемагистральный пассажирский самолёт | Пассажирский самолёт | Пассажирский самолёт |
| 4 × 15000  | 2 × 8600             | 2 × 7240             |
| 220  | 56                   | 76                   |
| 88,2   | 22,5                 | 47                   |
| 22,5   | 6                    | 8,2                  |
| 9720   | 2600                 | 2100                 |
| 880  | 907                  | 850                  |

| 1968                               | 1968                               | 1981                         | 1988                 |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|----------------------|
| Ту-144                             | Ту-154                             | Ту-134УБЛ                    | Ту-155               |
| Сверхзвуковой пассажирский самолёт | Реактивный пассажирский авиалайнер | Учебно-тренировочный самолёт | Летающая лаборатория |
| 4 × 9800                           | 3 × 9450                           | 2 × 4350                     | 2 × 3520             |
| 150                                | 180                                | 12                           | 4                    |
| 180                                | 51                                 | 29                           | 52                   |
| 12                                 | 18                                 | 8,2                          | 46                   |
| 3100                               | 3900                               | 2300                         | 2800                 |
| 2443                               | 975                                | 890                          | 950                  |

| 1989                 | 1999                 | 2011                 |
|----------------------|----------------------|----------------------|
| Ту-204               | Ту-334               | Ту-214               |
| Пассажирский самолёт | Пассажирский самолёт | Пассажирский самолёт |
| 2 × 6500             | 2 × 5010             | 2 × 6700             |
| 210                  | 102                  | 210                  |
| 62,4                 | 47                   | 59                   |
| 21                   | 12                   | 51,7                 |
| 8500                 | 3150                 | 6 500                |
| 850                  | 950                  | 850                  |

Рис. 10. – Ретроспективный анализ ЛТХ моделей гражданской авиации основной модификации КБ «Туполев»

| ПАО «Компания «Сухой»»           | СУ                                     | 2001     | 2008                                   | 2014                     |
|----------------------------------|--|----------|--|--------------------------|
|                                  |  | Су-80    | Sukhoi Superjet 100-95B                | Sukhoi SuperJet 100-95LR |
|                                  | Пассажирский самолёт местных авиалиний |          | Пассажирский самолёт средней дальности | Пассажирский самолёт     |
|                                  | N, л.с.                                | 2 × 1750 | 2 × 2900                               | 2 × 3010                 |
|                                  | Пассажировместимость, чел              | 30       | 75                                     | 108                      |
| m, т (пустого)                   | 8,3                                    | 24,3     | 24,3                                   |                          |
| ПН(грузоподъемность), т          | 3,3                                    | 12,3     | 12,4                                   |                          |
| Lmax, км                         | 1300                                   | 3048     | 4578                                   |                          |
| Vmax, км/ч (допустимая скорость) | 470                                    | 950      | 950                                    |                          |

Рис. 11. – Ретроспективный анализ ЛТХ моделей гражданской авиации основной модификации ПАО «Сухой»

| Авиационный комплекс<br>имени С. В. Ильюшина | ИЛ                                  | 1945     | 1950                        | 1957                 |
|--|-------------------------------------|----------|-----------------------------|----------------------|
|  |                                     | Ил-12    | Ил-14                       | Ил-18                |
|  | Пассажирский (транспортный) самолёт |          | Ближнемагистральный самолёт | Пассажирский самолёт |
|  | N, л.с.                             | 2 × 1850 | 2 × 1950                    | 4 × 4252             |
|  | Пассажировместимость, чел           | 32       | 36                          | 122                  |
| m, т (пустого)                               | 11                                  | 12,7     | 35                          |                      |
| ПН(грузоподъемность), т                      | 6,11                                | 5,8      | 15                          |                      |
| Lmax, км                                     | 1150                                | 1250     | 6500                        |                      |
| Vmax, км/ч (допустимая скорость)             | 407                                 | 430      | 685                         |                      |



| 1963   | 1967                 | 1971                        |
|--|----------------------|-----------------------------|
| Ил-62  | Ил-86                | Ил-76                       |
| Турбореактивный дальнемагистральный пассажирский самолёт | Пассажирский самолёт | Военно-транспортный самолёт |
| 4 × 5130   | 4 × 9650             | 4 × 3200                    |
| 186  | 314                  | 126                         |
| 130  | 100,5                | 88,5                        |
| 23   | 42                   | 60                          |
| 10 000   | 3800                 | 9700                        |
| 870  | 950                  | 850                         |

| 1988  | 1990                 | 1994                           |
|---|----------------------|--------------------------------|
| Ил-96   | Ил-114               | Ил-103                         |
| Пассажирский самолёт, первые лица государства | Пассажирский самолёт | Поршневой пассажирский самолёт |
| 4 × 4150                                      | 2 × 2500             | 2 × 3350                       |
| 300   | 64                   | 4                              |
| 210   | 13,7                 | 0,9                            |
| 40  | 9,8                  | 0,41                           |
| 9 000   | 5100                 | 800                            |
| 910   | 500                  | 340                            |

Рис. 12. – Ретроспективный анализ ЛТХ моделей гражданской авиации основной модификации авиационного комплекса имени С. В. Ильюшина

| ОАО «ОКБ им. А.С. Яковлева»      | ЯК/МС | 1942                 | 1944                 |
|----------------------------------|-------|----------------------|----------------------|
|                                  |       | Як-6                 | Як-8                 |
|                                  |       | Транспортный самолёт | Транспортный самолёт |
| №, л.с.                          |       | 2 x 140              | 2 x 145              |
| Пассажировместимость, чел        |       | 6                    | 8                    |
| м, т (пустого)                   |       | 1,4                  | 1,7                  |
| ПН(грузоподъемность), т          |       | 0,45                 | 0,9                  |
| Lmax, км                         |       | 900                  | 890                  |
| Vmax, км/ч (допустимая скорость) |       | 230                  | 248                  |

| 1947                                     | 1960                                 | 1967                        |
|--|--------------------------------------|-----------------------------|
| Як-12                                    | Як-40                                | Як-18Т                      |
| Лёгкий многоцелевой транспортный самолёт | Турбореактивный пассажирский самолёт | Лёгкий многоцелевой самолёт |
| 1 x 160                                  | 3 × 670                              | 360                         |
| 3  | 40                                   | 3                           |
| 0,83                                     | 9,85                                 | 1,2                         |
| 0,355                                    | 3,2                                  | 446                         |
| 810                                      | 820                                  | 500                         |
| 194                                      | 546                                  | 300                         |

| 1975                 | 1993                        | 2017                 |
|----------------------|-----------------------------|----------------------|
| Як-42                | Як-58                       | МС-21                |
| Пассажирский самолёт | Лёгкий многоцелевой самолёт | Пассажирский самолёт |
| 3 × 2030             | 360                         | 2 x 2130             |
| 120                  | 7                           | 165                  |
| 33,5                 | 1,36                        | 33,2                 |
| 23,5                 | 0,76                        | 18,9                 |
| 2790                 | 1000                        | 6400                 |

Рис. 13. – Ретроспективный анализ ЛТХ моделей гражданской авиации основной модификации ОАО «ОКБ им. А.С. Яковлева»

## 2.2 Особенности и факторы воздействующие на развитие ТС

Термин «техническое развитие» все чаще и чаще встречается в последнее время. Главными факторами роста технического развития являются:

- Развитие и достижения как в основных науках, так и в совершенно новых прикладных науках из разных направлений. Проведение опытов,

опытных, конструкторских и технологических работ, Доказательство ранее не доказанных теорем.

- Проектирование, продвижение и продажа новых современных технологий и оборудования, которое им соответствует, а также сопутствующих и расходных материалов.

- Под новые технологии, оборудование и новые научные достижения, которые включены в принцип работы новых технологий необходимо переквалифицировать, либо научить новый рабочий персонал

- После успешной проектировки и тестирования новых технологий и изобретений, можно полученные прототипы применять и внедрять в производство для выпуска передовой технологичной продукции

Между технологическим развитием и инновационными решениями прослеживается явная зависимость. Так как основой для технологического развития является как раз развитие технологических инноваций (один из типов инновации по классификации OSLO) и переосмысление их в технологии. Итогом технологического развития является возможность создавать новые инновационные решения, продукты и услуги. Так же результатом технического развития косвенно является популярность бренда или компании, что позволяет производить больше рекламы, привлекать инвесторов и целевую аудиторию за счет самых современных и оптимальных или рациональных решений. Но невозможно создавать лучшие технологии на рынке и при этом не уделять должное внимание развитию инноваций. Так как именно за счет самых передовых инноваций и проведенного огромного количества исследований становится возможность стать лидером по уровню развития технологий в какой-либо отрасли. Именно инновации являются той силой, что движет производство и развитие технологий, которая влияет на скорость и качество технологического развития.

### 2.3 Формирование технической гипотезы о тренде ТС

Динамика развития сложных технических систем (далее СТС) отечественного авиастроения гражданского типа строилось на ретроспективном анализе пяти заводов с наибольшим числом выпускаемых моделей.

В следствии различных требований с течением времени, среди анализируемых моделей, а вследствие и в построенных линиях тренда, возникают резкие скачки развития той или иной технической характеристики.

Также в связи с настоящей ситуацией на Российском рынке авиастроения и в целом в эксплуатации СТС в российских авиакомпаниях построение тренда сопровождается большой погрешностью и широким диапазоном возможных значений, а это в свою очередь подтверждает существенно негативное влияние на построение прогноза.

Сегодня авиакомпании стремятся опираться на европейские модели самолетов, особенно часто можно встретить заграничные изделия именно в гражданской области. На данный момент эксплуатируются совсем немного отечественных самолетов, таких как единичные модели ТУ-154, ИЛ-62, ИЛ-86, ТУ-204, но в приоритете используются различные модификации Airbus, Boeing.

Критические значения на диаграммах развития также отражают модификации различных военных самолетов, переоборудованных под пассажирские лайнеры в качестве экспериментов в наиболее активные для разработки летательных аппаратов времена. Подобные модели летной техники для гражданской авиации встречаются среди лайнеров, используемых политических представителей на сегодняшний день.

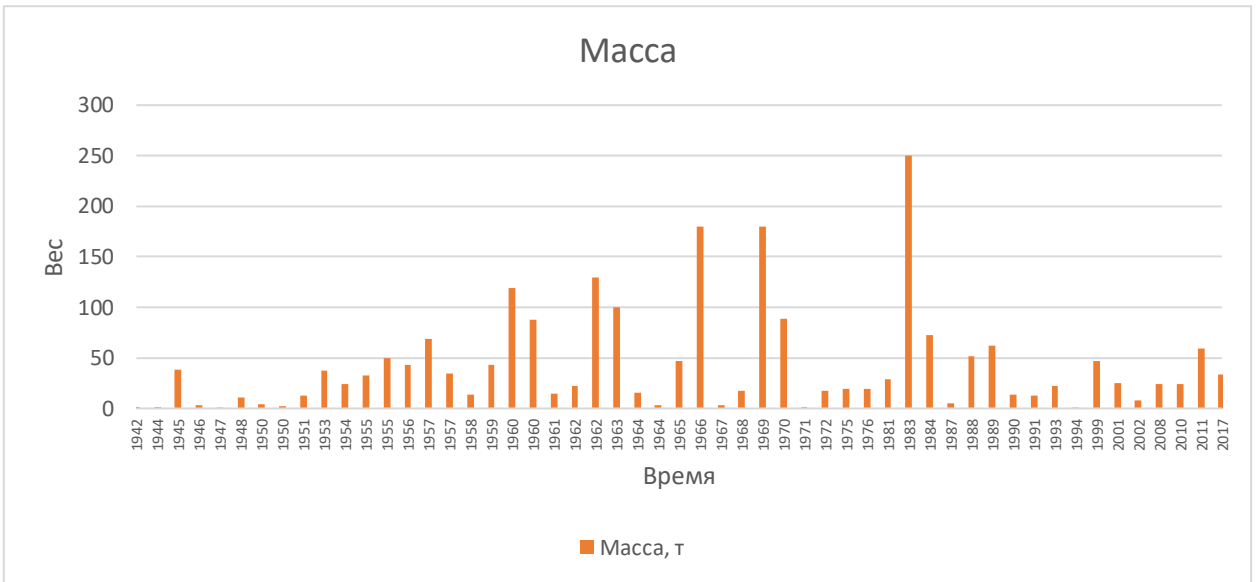
В последствии проведенных расчетов и построения прогнозов были получены результаты, представленные ниже, но проверка качества прогнозируемого развития СТС показала, что полученные данные обладают не слишком высоким уровнем достоверности.



а)



б)



в)



г)



д)



е)

Рис. 14. – Анализ трендов развития ТХ отечественной гражданской авиации: а – развитие параметра «мощность»; б - развитие параметра «пассажировместимость»; в – развитие параметра «масса»; г - развитие параметра «полезная нагрузка»; д – развитие параметра «дальность»; е – развитие параметра «скорость».

Полученные значения кластеризованные по предприятиям (табл. 2) преподносят динамику развития непосредственного опытно-конструкторского бюро, а также акцентируют внимание на те направления, которые были в определенные моменты подвержены максимальной модернизации.

## 2.4 Структурирование функции качества ТС и динамика развития

При проектировании СТС в области такой перспективной области, как авиастроение, возникают проблемы при понимании корреляции различных областей в перспективных разработках. Выявление потребительских запросов помогает преодолеть стереотипность мышления устоявшейся системы и посмотреть на то, как бы могли взаимодействовать между собой различные, казалось бы, в корне отличные друг от друга функции, в проекте

будущих инновационных моделей авиации. Оперативное взаимодействие с клиентской базой помогает учесть довольно большой процент влияния внешних факторов на точность рассчитываемого прогноза в области сложных технических систем. В свою очередь данный этап уменьшает дальнейшее число рекламаций на производимую модель.

Клиент ориентированные области, к числу которых относится и авиастроительная отрасль, производят свои изделия и модернизируют именно с учетом потребностей своих клиентов. Развитие продукции вплотную идет с ростом и спадом запросов и возможностей тех, кто этими ресурсами будет пользоваться.

Динамика развития данного аспекта также полностью коррелирует с тем, какая ситуация будет складываться во внешней среде предприятия, а именно с уровнем спроса на услугу или продукт. В случае позитивного развития и стабильного роста преобладает постепенное развитие и модернизация производства, а в обратном – застой и неизбежный простой организации.

Таблица 2

**Сравнение перспективных достигнутых показателей качества  
отечественными предприятиями**

|   | Наименование завода                       | Поверхностная диаграмма | Наиболее динамичные показатели   |
|---|---|-------------------------|--|
| <b>ПАО «Объединённая авиастроительная корпорация» («ОАК»)</b> | АНТК им. О.К. Антонова                    |                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Мощность, л.с.</li> <li>• Пассажировместимость, чел</li> <li>• Полезная нагрузка, т</li> </ul>              |
|   | Конструкторское бюро «Туполев»            |                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Мощность, л.с.</li> <li>• Масса, т</li> <li>• Дальность, км</li> </ul>                                      |
|   | ПАО «Компания „Сухой“»                    |                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Пассажировместимость, чел</li> <li>• Дальность, т</li> </ul>  |
|   | Авиационный комплекс имени С. В. Ильюшина |                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Мощность, л.с.</li> <li>• Пассажировместимость, чел</li> <li>• Масса, т</li> <li>• Дальность, км</li> </ul> |
|   | ОАО «ОКБ им. А.С. Яковлева»               |                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Пассажировместимость, чел</li> <li>• Полезная нагрузка, т</li> </ul>  |

## 2.5 Достоинства и недостатки предиктивной аналитики в прогнозировании развития технического потенциала производственных изделий

Предиктивный анализ является неотъемлемой частью прогноза любой области. Предсказание развития ситуации на рынке одна из наиболее актуальных направленностей, куда бросаются огромные трудозатраты и экономические ресурсы производств. Успех в данном аспекте гарантирует



выход на лидерские позиции в своей области и понимание дальнейших действий без рисков, вызываемых внешними факторами и конкурентами.

Прогнозирование – максимально тяжелый процесс для аналитики данных. Уровень сложности зависит от долгосрочности требуемого прогноза и от качества и количества предоставленных данных. Но от дальности прогноза же и зависит выгода для компании в разных ее проявлениях: временная, экономическая и т.д. Каждое предприятие заинтересовано в разработке прогнозной модели, а именно в развитии предиктивной аналитики, для своей же непосредственной выгоды. Именно поэтому сейчас в эту сферу происходят огромные вливания от инвесторов и самих предприятий, дабы опередить конкурентов и быть первым, кто сможет увидеть будущее развитие и структурировать свои дальнейшие шаги в области развития сложных технических систем предприятия.

Но на сегодняшний день предиктивная аналитика не в силах учитывать все возможные факторы, которые происходят с внешней и возникают во внутренней производственных системах. Большая вероятность неточности в расчетах, на которые предстоит опираться в принятии дальнейших решений. Решения, которые будут приниматься, базируясь на прогнозах на прямую коррелируют с глобальностью положительности или негативности результатов, полученных в будущем. Именно поэтому пока что намного чаще можно видеть прогнозирование на более маленькие промежутки времени – краткосрочные прогнозы, а долгосрочные прогнозы строятся для примерного понимания развития и понимания опять же примерного интервала крайних значений нужных параметров.

## **2.6 Формирование типовых трендов в развитии потенциала технической системы**

Для формирования усредненных подходов существуют несколько основных законов развития технической системы, ниже перечислены все те

факторы, которые нужно учитывать для построения типовых трендов и развития ТС.

К первому относится - абсолютно Идеальная Система, что, конечно, невозможно, имеет определение как система, которая не существует, но все возможные функции выполняются в нужный момент времени в требуемом пространстве со 100% эффективностью, при том, что нет потребления сил, материала, энергии или информации.

Следовательно, абсолютно идеальная система должна предоставлять бесконечное количество функций в требуемый момент времени и в требуемом пространстве, не вызывая негативных последствий и не требуя затрат. Использование информации не считается расходом, если информацию можно получить бесплатно. Более идеальная система всегда использует больше бесплатной информации.

Направления и способы повышения идеальности системы. Существует два пути повышения степени идеальности:

- Снижение зоны данной технической системы: идеальная техническая система – рабочий модуль – функция, которая предоставляется модулем. В этом случае система стремится к нулю.

- Расширение зоны ответственности технической системы: Мы рассматриваем функцию системы, функцию суперсистемы и наконец спрос. В этом направлении можно рассмотреть альтернативные способы удовлетворения спроса. Таким образом могут быть предложены новые принципы системы.

Методы идеализации: сокращение некоторых частей системы или процесса, увеличение количества предоставляемых функций, увеличение конкретных параметров, использование продвинутого снаряжения, материалов или процессов, устранение нежелательных эффектов, использование одноразовых предметов, использование блочно-структурных конструкций, использование дорогих материалов только в необходимых зонах, использование ресурсов.

Нерегулярное развитие частей системы и координации. Поскольку части системы разрабатываются нерегулярно, необходимо нацеливать развитие частей системы друг на друга для достижения согласованности. Части или подсистемы внедряются на основе функций, которые они предоставляют и все это должно быть совместимо между собой.

Этапы согласования подсистем:

- Обязательная координация - эффективность более эффективной и более развитой части сводится к нижней и наименее эффективной части.
- Координация буфера - координация подсистем путем реализации специальных связей, которые служат для обеспечения общего ритма частей.
- Самоорганизация – подсистемы координируют сами себя.

Координация систем может быть как статическая, так и динамическая

Типы координации: во времени, в пространстве, структуры (материальной, энергетической, информационной), по условиям, параметрам, требованиям.

Уровни координации: элементы, подсистемы, системы, суперсистемы, внешняя среда.

Увеличить степень системной динамики. Закон увеличения степени динамики включает в себя несколько под-законов.

Закон перехода структуры системы с макро- на микроуровень путем изменения масштаба, изменений связывания, перехода к более сложным и энергонасыщенным формам.

Масштаб технической системы изменяется при переходе от суперсистемы к системе, от системы к ее подсистеме и содержанию. Конечная цель - переход от суперсистемы к сущности, замена по содержанию.

Изменение степени связывания системы обеспечивается за счет увеличения степени фрагментации сущности.

Увеличение удельной энергонасыщенной рабочего блока позволяет повысить не только эффективность и качество производственных процессов, но и создать новые рабочие процессы.

Динамика эволюции рабочего блока свидетельствует о том, что в начале техническая система ограничивалась одной областью. На следующем этапе другое поле добавляется к существующему, и мы наблюдаем переход от моно- к би-, а затем к поли-системе.

Повышение управляемости системы. Повышение степени управляемости является следствием увеличения степени взаимодействия сущности с полем в системе и увеличения информационной насыщенности в системе. Необходимым условием увеличения контроля системы является энергетическая и информационная проводимость всех частей системы. Поскольку каждая техническая система является преобразователем энергии или (и) информации, эта энергия или (и) информация должна свободно и эффективно циркулировать по основным частям системы.

Это означает снижение степени вовлеченности человека в работу, выполняемую технической системой. От механики к автоматизации, затем к саморазвитию и самовоспроизводству. Например, материальный объект заменяется программным обеспечением.

Повышение степени контроля над системой является результатом перехода от неконтролируемой системы к контролю отклонений, затем к системе с обратной связью, затем к адаптивной системе, затем к самообразовательной и само организационной системе, и, наконец, к саморазвивающейся и самовоспроизводящейся системе.

Перевод системы в суперсистему. После исчерпания возможностей развития система интегрирует себя в суперсистему как ее часть.

Понимание и использование этих законов позволяет выполнять прогнозы развития технических систем с наименьшими рисками.

## **Вывод по главе 2**

В данном разделе был проведен полноценный анализ потенциала прогнозирования гражданского авиастроения. Примером послужили модели гражданской авиации, выпущенные из 5 отечественных производств. Было произведено полный ретроспективный анализ всей линейки моделей в диапазоне 1942-2017 года.

Анализ проходил на основе расчетов и динамики развития производств и индивидуальной технической характеристики из представленных. Были выделены мощность, полезная нагрузка, масса пустого самолета, дальность полета, его максимальная скорость и пассажировместимость. По окончании сбора данных была сформулирована гипотеза о построении тренда и актуальности прогнозирования ТС. Проведен анализ достоинств и недостатков в данной области, выделены основные аспекты для усредненных трендов развития ТС.

Полученные данные и проведенный анализ показали, что на данный момент прогнозирование наиболее перспективная область развития ТС, хоть отрасль отечественного авиастроения в гражданском сегменте, взятая в пример, очень нединамична. Добиться точности в предиктивной аналитике – значит выйти на новый уровень технологий и производства.

## ГЛАВА 3 ПРЕДИКТИВНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫМ СПОСОБОМ

### 3.1 Выбор программного обеспечения для моделирования тренда

Для построения прогноза был рассмотрен широкий спектр программ с возможностью анализирования большого массива данных и расчета прогнозного тренда для сложных технических систем.

По результатам анализа были выделены два аппарата. Одним из них стал наиболее популярный Microsoft Excel – платформа, позволяющая через несколько этапов с использованием подходящей к массиву данных функции, расчетом десеонализации и коэффициентов получить прогнозные числовые данные. В данном примере использовалась функция ЛИНЕЙН. Данная программа для работы с электронными таблицами является наиболее классической базой на большинстве отечественных производствах. Большое количество персонала со старой рабочей школой преимущественно решают большинство проблем и ведут учет всей статистики именно в данном аппарате.

Второй платформой для прогнозирования программно-аппаратным способом массива данных ретроспективного анализа гражданской авиастроительной отрасли была выбрана R studio. Данная платформа подходит для различных наукоемких процессов в том числе и прогнозирования. Язык позволяет решать большое количество математических и алгоритмических задач с помощью большого количества встроенных библиотек, выложенных в открытый доступ обыкновенным пользователям. Языком программирования R имеется возможность прогнозирования данных различного масштаба, разными функциями. В данном случае выбрана функция Hold Winter. R на данный момент более современный аппарат для решения прогнозных вопросов и не только. За счет простоты команд и минимального числа этапов современные европеизированные компании отдают свое предпочтение более быстрому

процессу. А молодые специалисты преимущественно IT направлений смогут подобрать и разобраться в данной системе.

На обеих платформах использовался идентичный набор данных и использовались две одинаковые модели прогнозирования: мультипликативная и аддитивная модели.

### **3.2 Выбор модели технической системы для анализа и применения методов прогнозирования**

Для применения прогнозирования была выбрана область гражданского авиастроения, где в определенные временные диапазоны прослеживается хорошая динамика развития технических характеристик. На основе такого развития отрасли возможно более точное учётывание развития выбранной сложной технической системы. В данной области происходили колоссальные изменения и рост, среди выбранных производств есть те, которые известны во всем мире и их срок использования имеет очень широкий временной диапазон.

За счет различных модификаций, множества изменяемых деталей системы и перспективности развития авиастроения в мире и России данная область наиболее интересна для анализа.

Полученные результаты выявили проблемы области и выделили аспекты за счет которых происходит некий застой в развитии гражданского авиастроения сейчас. Проведенный анализ, полученный прогноз и его оценка позволят развить и применить больше усилий для активизирования различных элементов производств с помощью которых будут применяться действия по развитию данной области и выделенных ее аспектов.

### **3.3 Применение модели прогнозирования к технической системе**

Проведя прогнозирование программно-аппаратным способом на обеих платформах с использованием аддитивной и мультипликативной моделей, были получены следующие числовые значения. Наглядное изменение

прогнозного тренда на контрасте с ретроспективным анализом каждой технической характеристики выбранной сложной технической системой можно посмотреть в ПРИЛОЖЕНИИ А – прогнозный тренд, с мультипликативной и аддитивной моделями, построенный с использованием программно-аппаратного способа на платформе Excel; и ПРИЛОЖЕНИИ Б – прогнозный тренд, с мультипликативной и аддитивной моделями, построенный с использованием программно-аппаратного способа на платформе R.

Таблица 3

**Числовые показатели прогнозирования программно-аппаратным способом**

|   |   | Мощность                                 | Пассажиروместимость | Масса  | Полезная нагрузка | Дальность | Скорость |         |
|---|---|--|---------------------|--------|-------------------|-----------|----------|---------|
| Прогнозирование авиационной отрасли гражданских моделей | Программно-аппаратным способом (Excel)      | Мультипликативная модель прогнозирования | 14271,23            | 160,70 | 57,45             | 52,40     | 6654,69  | 988,43  |
|   |   |  | 19048,64            | 168,26 | 79,06             | 53,10     | 5471,73  | 882,56  |
|   |   |  | 14084,96            | 112,66 | 53,94             | 44,81     | 5114,70  | 817,58  |
|   |   |  | 11396,99            | 132,57 | 29,23             | 37,79     | 4517,72  | 848,45  |
|   |   |  | 14513,98            | 168,55 | 59,42             | 54,70     | 6819,86  | 1025,40 |
|   |   |  | 19371,28            | 176,37 | 81,75             | 55,41     | 5606,70  | 915,27  |
|   |   |  | 14322,52            | 118,03 | 55,76             | 46,74     | 5240,10  | 847,60  |
|   |   |  | 11588,41            | 138,81 | 30,21             | 39,40     | 4627,80  | 879,32  |
|   |   | 14756,74                                 | 176,39              | 61,40  | 57,01             | 6985,04   | 1062,37  |         |
|   |   | 19693,92                                 | 184,49              | 84,45  | 57,71             | 5741,68   | 947,98   |         |
|   |   | 16754,25                                 | 159,09              | 70,18  | 64,90             | 5346,13   | 875,89   |         |
|   |   | 19823,56                                 | 169,39              | 79,12  | 73,98             | 5386,77   | 892,17   |         |
|   |   | 16137,73                                 | 127,07              | 35,44  | 30,44             | 5374,79   | 855,82   |         |
|   |   | 8820,51                                  | 125,94              | 32,95  | 28,10             | 5404,00   | 860,67   |         |
|   |   | 17047,59                                 | 166,20              | 71,84  | 67,14             | 5474,59   | 906,90   |         |
|   |   | 20116,91                                 | 176,50              | 80,79  | 76,22             | 5515,23   | 923,18   |         |
|   | 16431,08                                    | 134,18                                   | 37,11               | 32,69  | 5503,25           | 886,83    |          |         |
|   | 9113,85                                     | 133,05                                   | 34,62               | 30,34  | 5532,46           | 891,68    |          |         |
|   | 17340,94                                    | 173,31                                   | 73,51               | 69,38  | 5603,06           | 937,91    |          |         |
|   | 20410,25                                    | 183,61                                   | 82,45               | 78,46  | 5643,70           | 954,19    |          |         |
|   | Программно-аппаратным способом (R language) | Аддитивная модель прогнозирования        | 10923,32            | 171,30 | 34,34             | 40,24     | 6888,42  | 934,10  |
|   |   |  | 14420,66            | 179,49 | 54,21             | 38,47     | 4155,46  | 930,45  |
|   |   |  | 9884,71             | 147,45 | 20,04             | 33,11     | 3470,00  | 896,31  |
|   |   |  | 4962,57             | 180,29 | 16,92             | 31,83     | 2672,03  | 909,10  |
|   |   |  | 11270,82            | 182,50 | 31,91             | 41,01     | 6796,57  | 971,55  |
|   |   |  | 14768,16            | 190,69 | 51,78             | 39,25     | 4063,61  | 967,90  |
|   |   | 10232,21                                 | 158,65              | 17,61  | 33,88             | 3378,15   | 933,76   |         |
|   |   | 5310,07                                  | 191,49              | 14,49  | 32,60             | 2580,18   | 946,55   |         |
| 11618,32  |   | 193,70                                   | 29,48               | 41,78  | 6704,72           | 1009,00   |          |         |
| 15115,66  |   | 201,89                                   | 49,35               | 40,02  | 3971,76           | 1005,35   |          |         |
| Мультипликативная модель прогнозирования                |   | 13705,78                                 | 191,63              | 36,77  | 70,25             | 5467,06   | 872,29   |         |
|   |   | 17107,41                                 | 208,49              | 37,69  | 59,63             | 6523,42   | 915,17   |         |
|   | 12758,37                                    | 133,74                                   | 52,16               | 21,11  | 5202,26           | 895,54    |          |         |
|   | 6640,63                                     | 171,79                                   | 31,08               | 6,93   | 5301,24           | 911,79    |          |         |
|   | 14107,56                                    | 204,71                                   | 40,15               | 71,84  | 5943,14           | 911,49    |          |         |
|   | 17605,27                                    | 222,48                                   | 41,09               | 60,98  | 7079,39           | 955,83    |          |         |
|   | 13126,98                                    | 142,57                                   | 56,76               | 21,59  | 5636,38           | 934,89    |          |         |
|   | 6831,11                                     | 182,94                                   | 33,76               | 7,09   | 5734,58           | 951,42    |          |         |
|   | 14509,35                                    | 217,79                                   | 43,54               | 73,44  | 6419,23           | 950,68    |          |         |
|   | 18103,12                                    | 236,48                                   | 44,48               | 62,32  | 7635,36           | 996,50    |          |         |

По полученным числовым данным можно сделать вывод, что, используя одинаковый массив исходных данных отечественной авиационной отрасли гражданской авиации, данный прогнозный анализ, имеют некоторое сходство. Но имеющаяся погрешность довольно существенна, и разница в итоге числовых вычислений может привести к



недостовверному пути развития продукции или бизнеса, где даже минимальная неточность может привести к колоссальным рискам и существенным убыткам.

### 3.4 Разработка рекомендаций для развития параметрического ряда планируемый технической системы

Для четкого понимания правильности проведенного предиктивного анализа и сформированного прогнозного тренда в работе предложена инновационная модель оценки качества прогнозов. В основе модели предлагаются 4 показателя: синусоидальности, размаха, серийности и мнимого тренда.

Таблица 4

#### Модель оценки качества прогнозной модели

| Наименование показателя     | Коэффициент (b) | Состояние   | Характеристика    | Оценка (F) |
|-----------------------------|-----------------|---|-------------------|------------|
| Показатель синусоидальности | 0,2             | Более 3- пиков подряд                                 | удовлетворительно | 3          |
|                             |                 | Менее 3-пиков подряд                                  | хорошо            | 4          |
| Показатель размаха          | 0,25            | Превышает показатели прошлого периода                 | хорошо            | 4          |
|                             |                 | Ниже показателей прошлого периода                     | удовлетворительно | 3          |
| Показатель серийности       | 0,2             | Последовательный строй точек в положительной динамике | хорошо            | 4          |
|                             |                 | Последовательный строй точек в отрицательной динамике | удовлетворительно | 3          |
| Показатель мнимого тренда   | 0,2             | Наличие двух последовательных точек и обрыв размахом  | удовлетворительно | 3          |
|                             |                 | Наличие двух последовательных точек                   | хорошо            | 4          |

Полученные графики прогнозного тренда масштабируются и анализируются с учетом модели и выделенных параметров (ПРИЛОЖЕНИЕ В).

Для расчета оценки качества прогнозной модели представлена формула с использованием коэффициентов каждого из предложенных показателей и оценки исходящей из состояния подходящей характеристики. Сумма произведений всех доступных для анализа данных будет показывать оценку в зависимости от которой будет определен прогноз в нужный диапазон на шкале ниже.

$$Q_{\text{тренда}} = \sum_{i=1}^i bF$$

Таблица 5

### Шкала оценивания прогнозной модели

|   |                       |   |
|---|-----------------------|---|
| 1 | $11,0 \geq Q > 8,4$   | Тренд прогнозируем и стабилен для анализа |
| 2 | $8,4 \geq Q > 8,0$    | Тренд прогнозируем, но сложен для анализа |
| 3 | $8,0 \geq Q \geq 7,4$ | Тренд обладает высокой вариабельностью    |

Полученные результаты предлагается проанализировать с помощью разработанной шкалы оценки прогнозной модели с тремя интервалами: тренд прогнозируем и стабилен для анализа, тренд прогнозируем, но сложен для анализа, тренд обладает высокой вариабельностью.

Таблица 6

### Оценка прогнозной модели

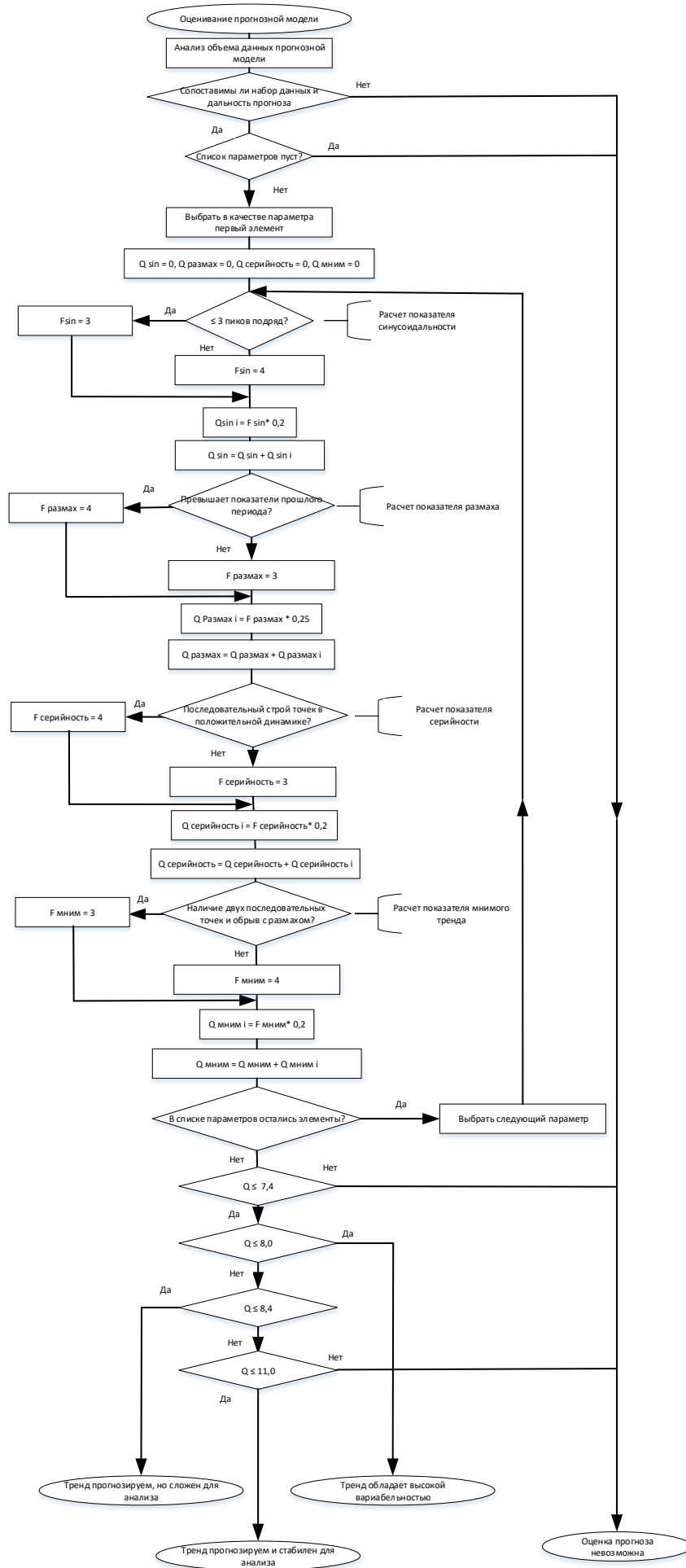
|                             | Мультипликативная модель |           |       |     |      |      | Аддитивная модель |           |       |     |      |      | Q           |
|-----------------------------|--------------------------|-----------|-------|-----|------|------|-------------------|-----------|-------|-----|------|------|-------------|
|                             | Мощность                 | Пассажиры | Масса | ПН  | Lmax | Vmax | Мощность          | Пассажиры | Масса | ПН  | Lmax | Vmax |             |
|                             | Excel                    |           |       |     |      |      |                   |           |       |     |      |      |             |
| Показатель синусоидальности | 0,8                      | 0,8       | 0,6   | 0,8 | 0,8  | 0,8  | 0,6               | 0,8       | 0,6   | 0,6 | 0,8  | 0,8  | <b>8,8</b>  |
| Показатель размаха          | 0,75                     | 0,75      | 0,75  | 1   | 0,75 | 1    | 0,75              | 0,75      | 0,75  | 1   | 0,75 | 1,6  | <b>10,6</b> |
| Показатель серийности       | 0,6                      | 0,6       | 0,6   | 0,8 | 0,6  | 0,6  | 0,6               | 0,6       | 0,6   | 0,6 | 0,8  | 0,8  | <b>7,8</b>  |
| Показатель мнимого тренда   | 0,6                      | 0,8       | 0,6   | 0,6 | 0,8  | 0,8  | 0,6               | 0,6       | 0,6   | 0,6 | 0,8  | 0,8  | <b>8,2</b>  |
| Показатель синусоидальности | 0,6                      | 0,8       | 0,8   | 0,6 | 0,8  | 0,8  | 0,6               | 0,8       | 0,6   | 0,8 | 0,8  | 0,8  | <b>8,8</b>  |
| Показатель размаха          | 0,75                     | 0,75      | 0,75  | 1   | 0,75 | 1    | 0,75              | 1         | 0,75  | 1   | 0,75 | 1    | <b>10,3</b> |
| Показатель серийности       | 0,6                      | 0,8       | 0,8   | 0,6 | 0,8  | 0,8  | 0,6               | 0,6       | 0,6   | 0,8 | 0,6  | 0,6  | <b>8,2</b>  |
| Показатель мнимого тренда   | 0,6                      | 0,8       | 0,6   | 0,6 | 0,8  | 0,8  | 0,6               | 0,8       | 0,6   | 0,8 | 0,6  | 0,6  | <b>8,2</b>  |
|                             | <b>R</b>                 |           |       |     |      |      |                   |           |       |     |      |      |             |



Рис. 15. – Уровень качества прогнозного тренда по показателям.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что прогноз, построенный по предложенному массиву данных, возможно использовать с минимальными рисками при показателе синусоидальности на обеих платформах и показателе размах на платформе Excel. Все остальные данные ставятся под сомнения из-за высокой вариабельности.

Для большего удобства использования была разработана модель оценивания прогнозов PDPC, где прописан каждый этап всего процесса.



### **3.5 Разработка рекомендаций по использованию предиктивной аналитики на производство**

По результатам проведенной работы, предложенной модели для оценки прогнозов сложных технических систем были выявлены некоторые рекомендации для производств, в основном отечественного типа, которые способствуют уменьшению рисков при использовании прогнозной аналитики такой, какая она есть на данный момент.

По причине огромного числа методик и вариантов расчетов для построения прогнозов на той или иной производственной базе, следует учитывать как можно больше предложенных рекомендаций для улучшения результатов и корректного использования их в дальнейших действиях, как в развитии непосредственно самого бизнеса, так и дальнейших шагов в масштабах внешнего производственного рынка.

Главным пунктом развития прогнозирования на предприятии остается массив данных. Чем больше и корректней эта информация собирается и хранится в архивах, тем большая вероятность учесть большее число нюансов предприятия и подготовиться к аналогичным ситуациям в будущем.

Развитие технологических возможностей даст задел в данной области. Использование современных и передовых технических возможностей будет расширять список выполняемых задач за более короткие сроки и преобразовывать данные в нужные формы при переносе и передаче с платформы на платформу. С каждой новой модификацией технологии учитывают все большее число рисков и нюансов каждого производства, объемы практики и ошибок прошлого увеличиваются, что приводит, как следствие, к улучшению процесса прогнозирования и повышению качества результатов.

Проверка кадров предприятия на знание и постоянное обучение в нужной области поможет справляться лучше с описанными в прогнозной

модели задачами и минимизировать временные потери на использование возможно недостаточно современных платформ.

Использование как можно большего числа методик, которые имеются на сегодняшний день, позволит с большой вероятностью выбрать самый подходящий путь для прогнозирования каждой производственной системы, в случае отсутствия других элементов, улучшающих данный процесс.

Завершающей рекомендацией остается максимальное экономическое вложение в прогнозную отрасль непосредственной компании, полученные разработки пойдут на сильнейший рост и масштабирование мобильности индивидуального производства. Все вложенные средства в развитие прогнозирования производства дают несомненные преимущества в масштабе производственного рынка и существенный отрыв вперед от личных конкурентов, а именно существенную выручку.

### **Вывод по главе 3**

В данном разделе был объяснен выбор программного обеспечения для моделирования дальнейшего прогнозного тренда с учетом выбранной сложной технической системы, а именно отечественной гражданской авиации. Был объяснен выбор модели технической системы для анализа и моделирования прогнозного тренда. С использованием выбранного массива данных были построены прогнозные модели на ближайший период развития в 10 лет. Прогнозы строились с использованием двух различных прогнозных платформ с использованием одинаковых моделей: аддитивной и мультипликативной. По результатам, полученным в ходе вычислений, была замечена некоторая разница в итоговых числах. В результате таких неточностей была предложена инновационная модель для оценки прогнозирования, которая базировалась на четырех показателях. В зависимости от них предлагается оценивать корректность построенного прогнозного тренда сложной технической системы. По завершению были выявлены наиболее достоверные прогнозные модели по оценке

предложенной оцениваемой модели и предложены рекомендации по использованию прогнозной аналитики на производстве с минимальными негативными последствиями для предприятия.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные в данной выпускной квалификационной работе проблемы предиктивного анализа сложных технических систем необходимо принять во внимание для корректного дальнейшего развития производственных систем по отношению к состоянию конкуренции в масштабах всего внешнего рынка.

На данный момент прогнозирование – широкая область научной деятельности, где насчитывается огромное количество методов и подходов в связи с разнообразием и многочисленностью решаемых проблем. Сейчас область прогнозной аналитики проходит начальную стадию развития в мире и чем быстрее будет нарастать опыт, чем большее число предприятий будут активно использовать это направление в своих разработках и дальнейших шагах по развитию в индивидуальном направлении, тем быстрее данный вид аналитики перерастет в нечто большее чем просто предугадывание развития продукта. Ведь масштабы развития у этого направления не имеют видимых границ.

Обозначенные в данной работе проблемы способствуют более глубокому анализу выбранной области, ведь перспективы развития данного направления раскидываются на практически все отрасли современной научно-технической жизни. Тот рост, который сейчас происходит в информационно-программном обеспечении производств и их процессов позволит с каждым разом все дальше и качественнее формировать картину будущего благодаря тем алгоритмам и массиву данных, которые будут использоваться в обновлённой и инновационной технике способной шаблонными методами преобразовать данные ресурсы в на столько нужный для рыночной конкуренции продукт, как прогноз.

Разработанная инновационная модель оценки прогнозов предполагает успешное использование в области прогнозирования сложных технических систем благодаря выделенным показателям, расчётам и разработанной шкале оценки прогноза, поэтапному процессу PDPC.



Процедура развития прогнозирования предполагает дальнейшее развитие в разработке усредненной модели прогнозирования, которая предполагает выдачу корректных числовых данных о прогнозных трендах на все большие промежутки времени в будущем. Предполагаемая модель должна подходить для анализа массива данных различных направлений и отраслей, где на данный момент разрабатываются уникальные подходы только для непосредственной продукции производства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Организация и планирование основного производства / Под редакцией В. Ф. Новацкого. – М.: Машиностроение, 2013. – 343с.
2. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 37 с.
3. Прогнозирование показателей надежности технических систем / В. И. Кириллов, 2018. – 90 с.
4. ГОСТ Р ИСО 13381-1-2016 Контроль состояния и диагностика машин. Прогнозирование технического состояния. Часть 1. Общее руководство, 2016. – 7 с.
5. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Термины и определения – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 26 с.
6. Влияние предиктивной аналитики на деятельность компаний / А. Р. Хасанов, 2018. – 37 с.
7. The rise of «big data» on cloud computing: Review and open research issues / Hashem I. A. T., Yaqoob I., Anuar N. B., 2015. – 98с.
8. Авиапром России в эпоху перемен (1991-2016) / Кузнецов В.Д., 2017. – 41с.
9. Applying control chart methods to enhance data quality / Jones-Farmer L. A., Ezell J. D., Hazen B. T., 2014, – 29 с.

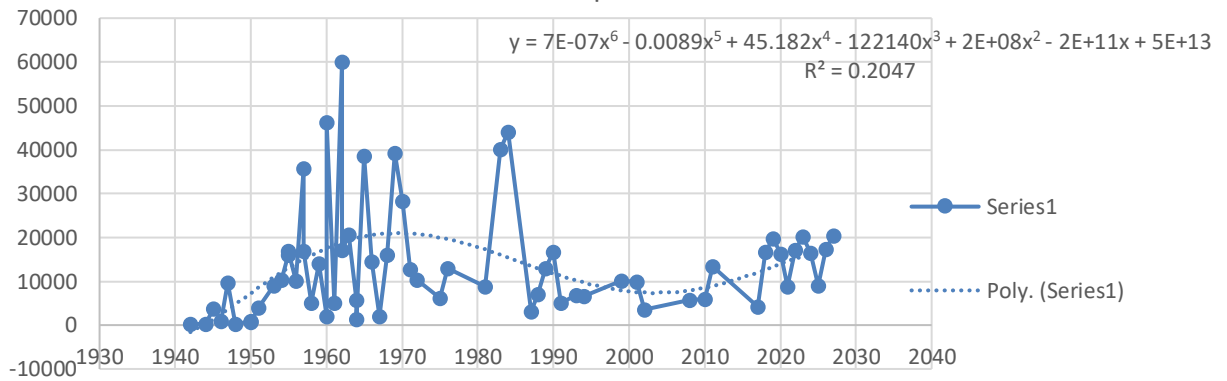
10. Андрей Николаевич Туполев: грани дерзновенного творчества / Шевчук И. С., Затучный А. М., Вуль В. М., Черёмухин Г. А., Ригмант В. Г. - М.: Наука, 2008. – 25 с.
11. Гражданская авиация СССР. 1917-1967 / Безбородов Г. Ф. – 1967, - 32 с.
12. Статистический анализ на компьютере / Ю. Н. Тюрин [и др.]. – М. : Инфра-М, 1998. – 528 с.
13. СТБ ГОСТ Р 50779.10-2001 (ИСО 3534.1-93). Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения. – Минск: 2001. – 45 с.
14. Математические модели прогнозирования: учеб. пособие / А. М. Шурыгин. – М.: Горячая линия – Телеком, 2009. – 180 с.
15. Эконометрика: Учебник / Под ред. И. И. Елисеевой. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 344 с.
16. Эконометрия / В.И. Суслов и др. – Новосибирский государственный университет, 2005. – 744с.
17. Шалабанов А.К., Роганов Д.А. Эконометрика. Учебно-методическое пособие. ТИСБИ, Казань, 2004. – 198с.
18. Доугерти К. Введение в эконометрику. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 42 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

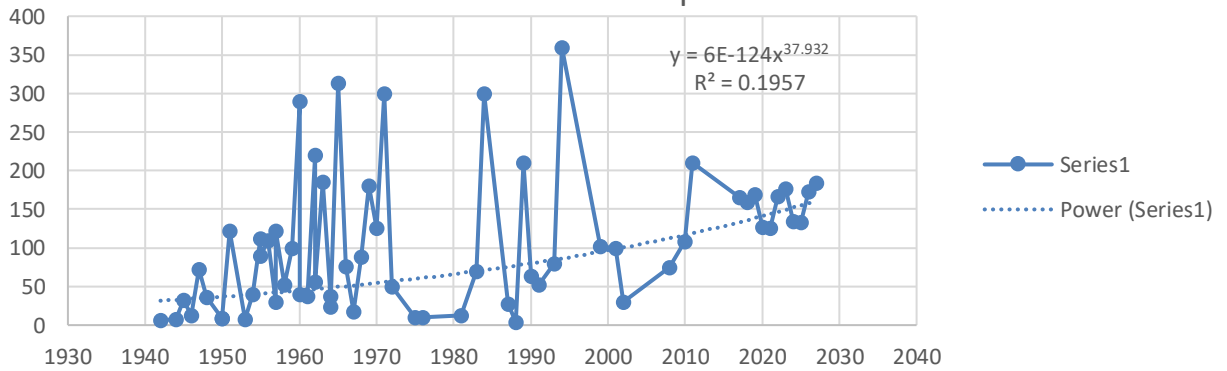
### **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫМ СПОСОБОМ EXCEL**

Аддитивная модель прогнозирования

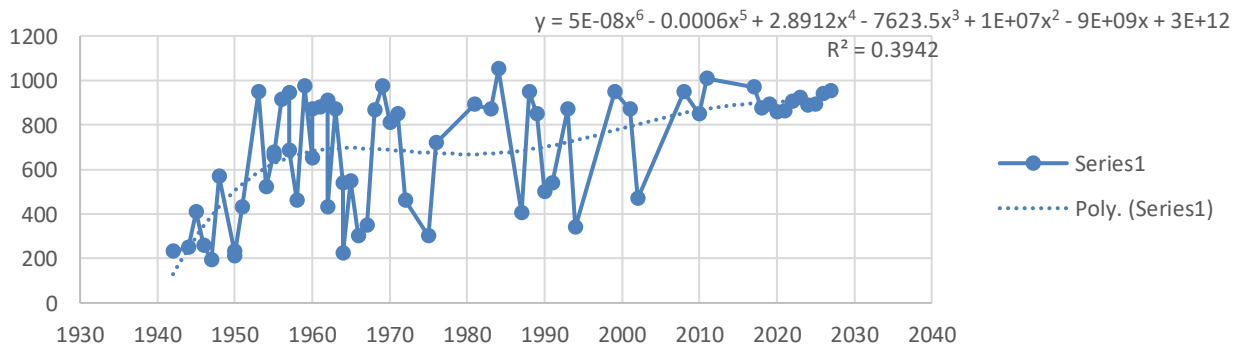
### Мощность



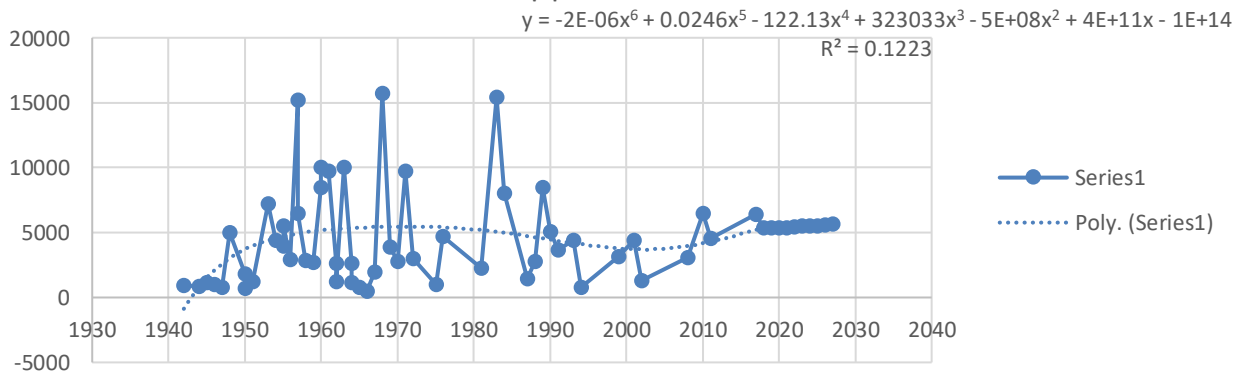
### Пассажиры



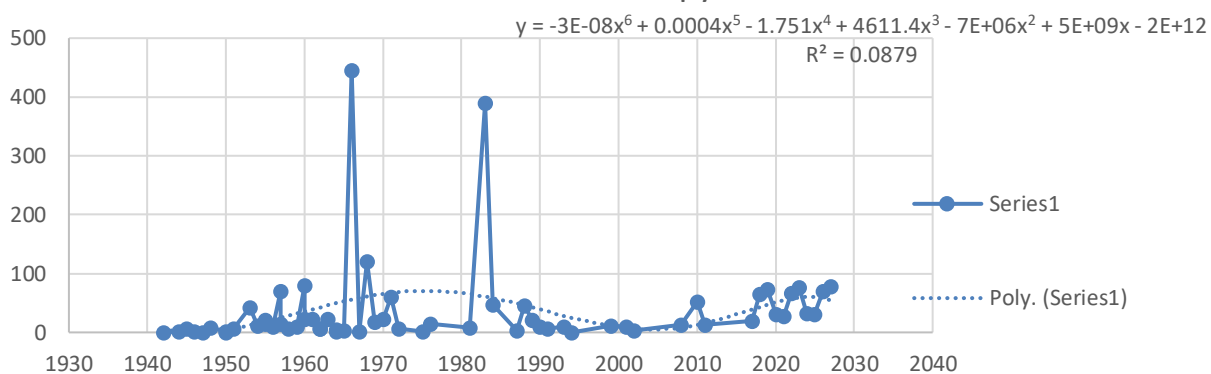
### Скорость



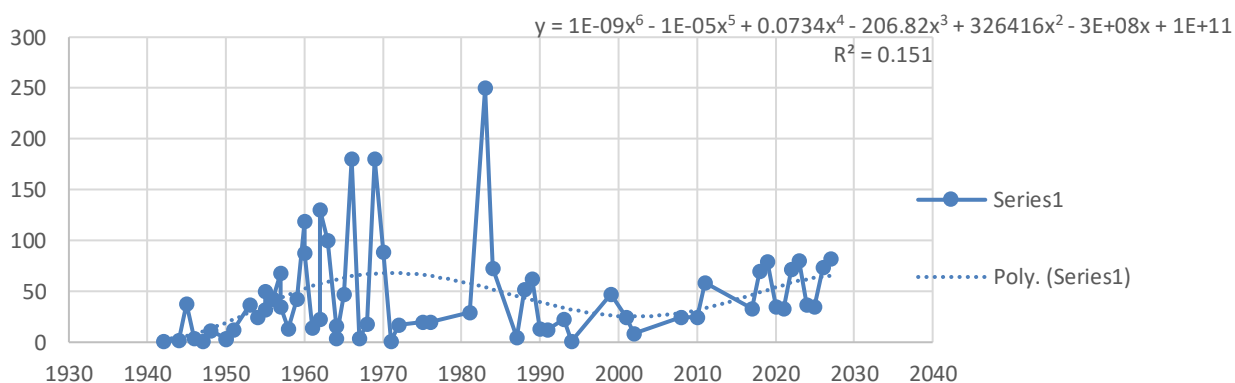
### Дальность



### Полезная нагрузка

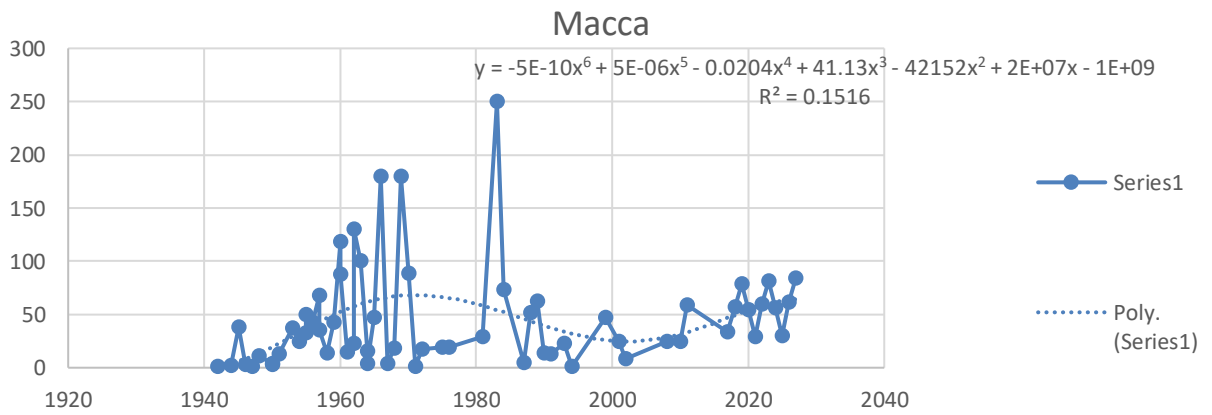
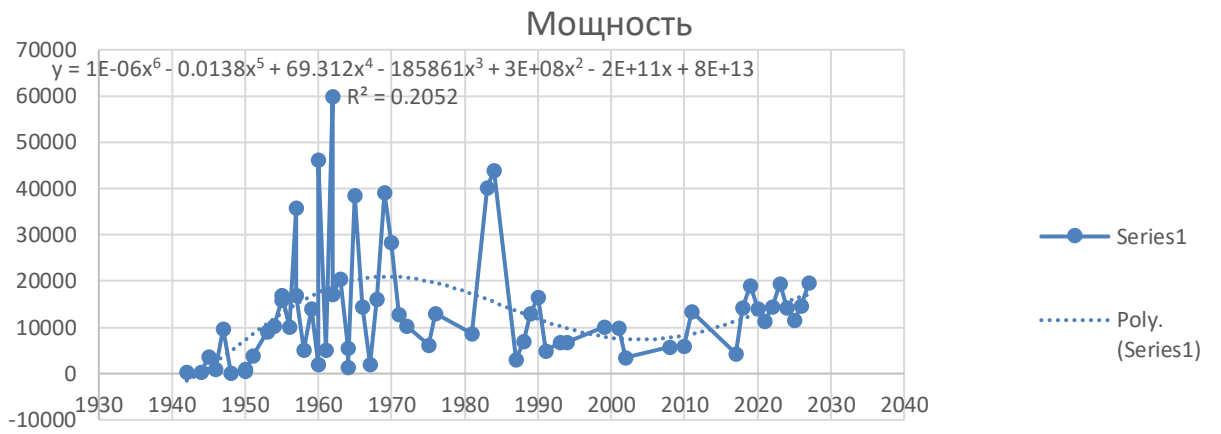


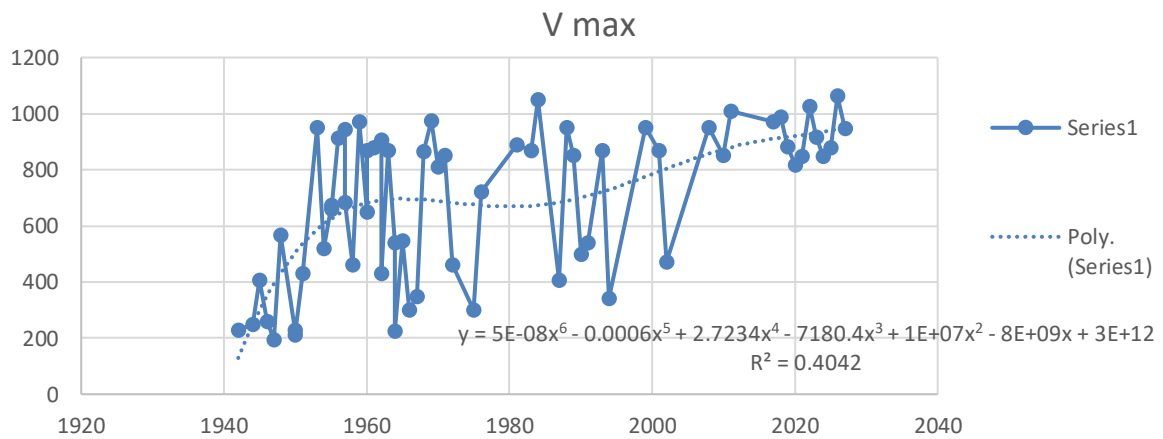
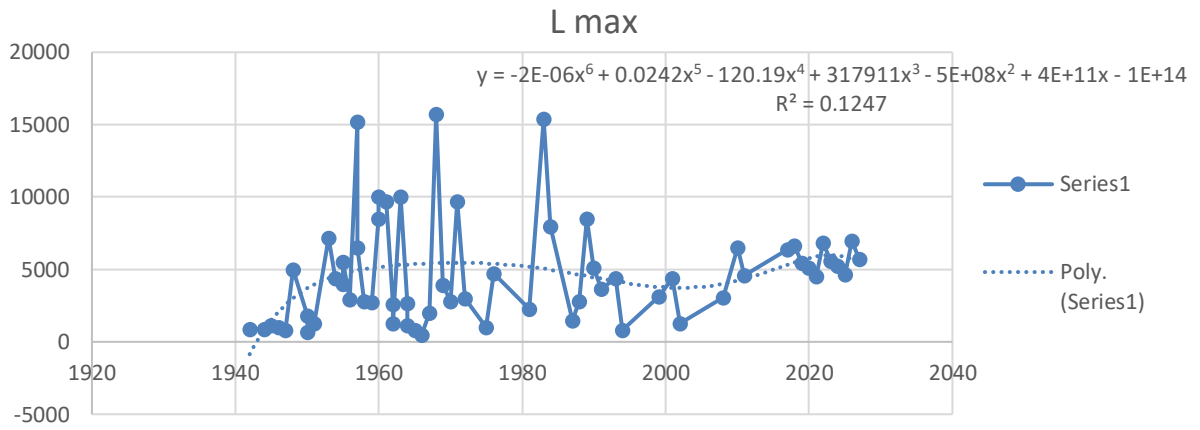
### Масса



## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫМ СПОСОБОМ EXCEL

Мультипликативная модель прогнозирования

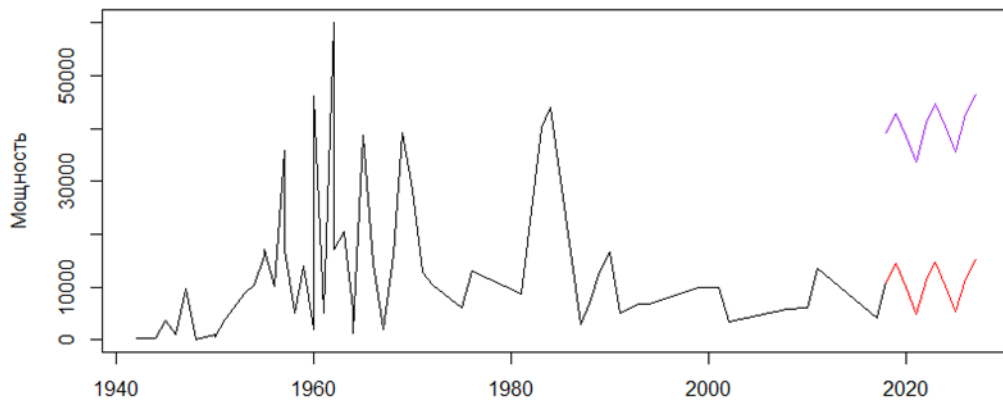


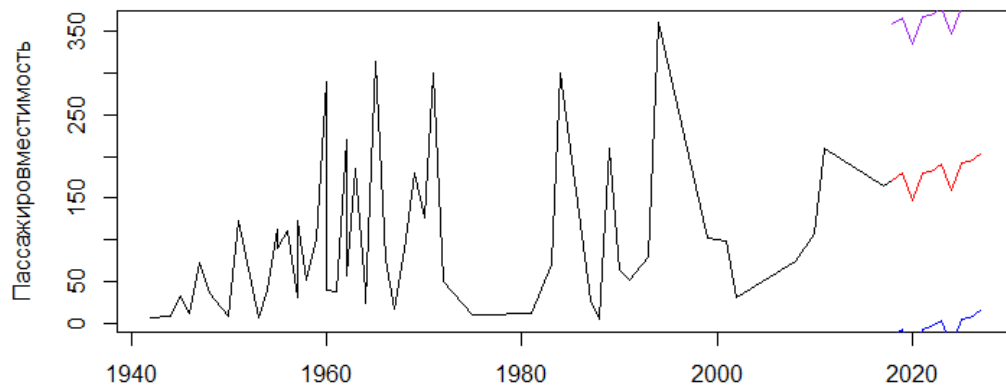
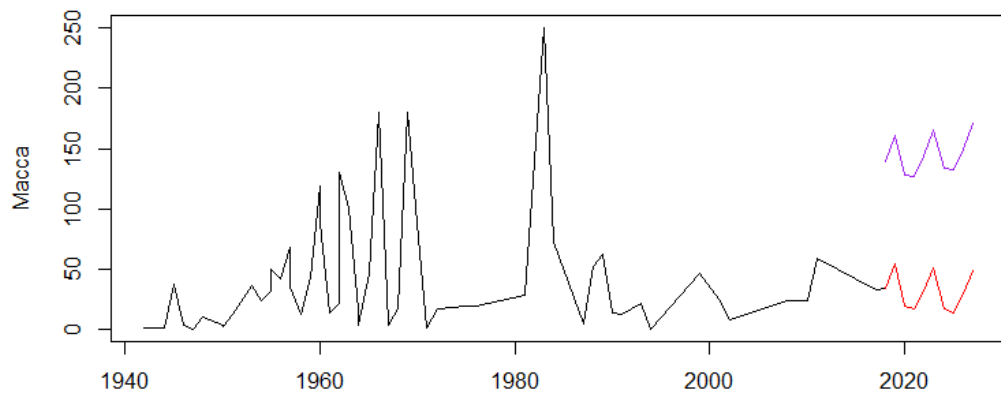
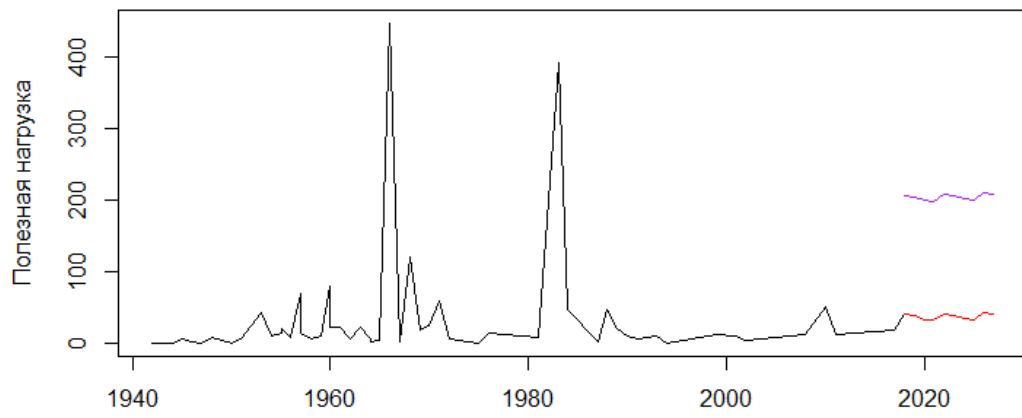


## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

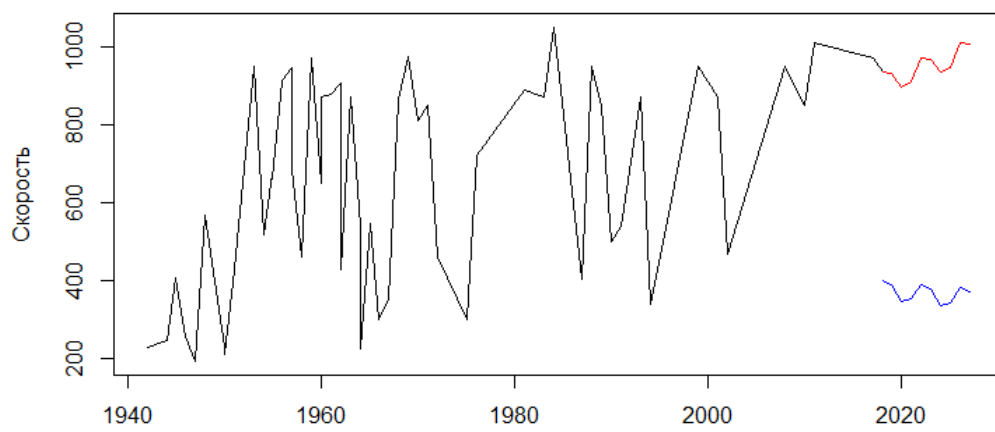
### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫМ СПОСОБОМ R LANGUAGE

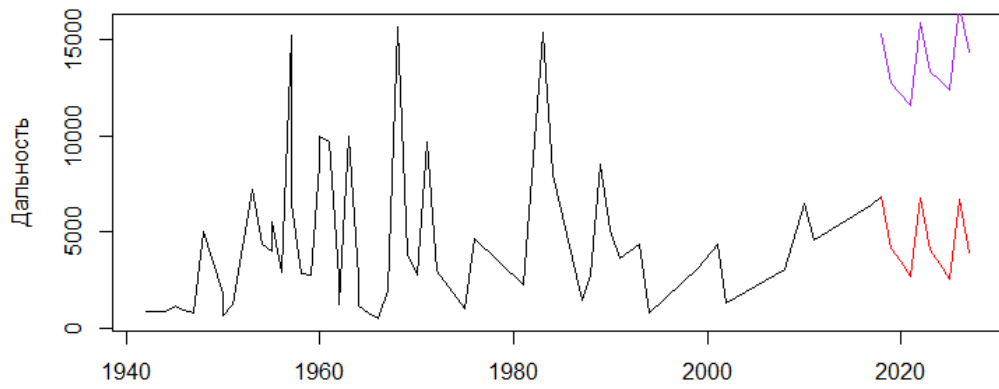
Аддитивная модель прогнозирования





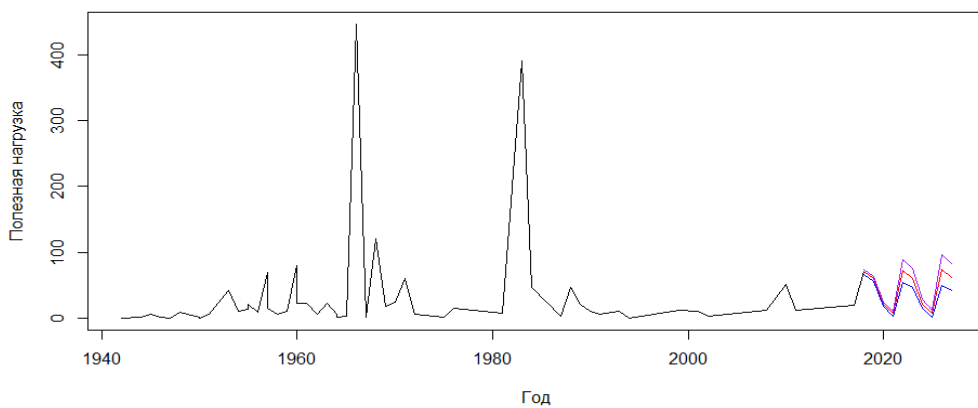
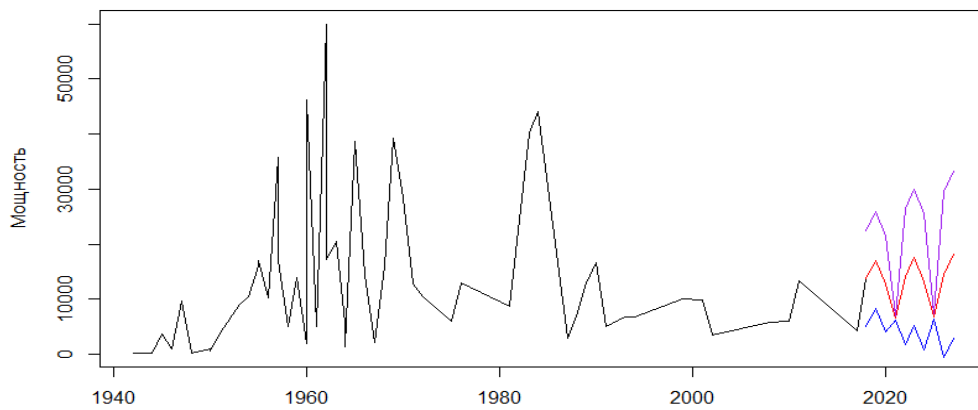
Год



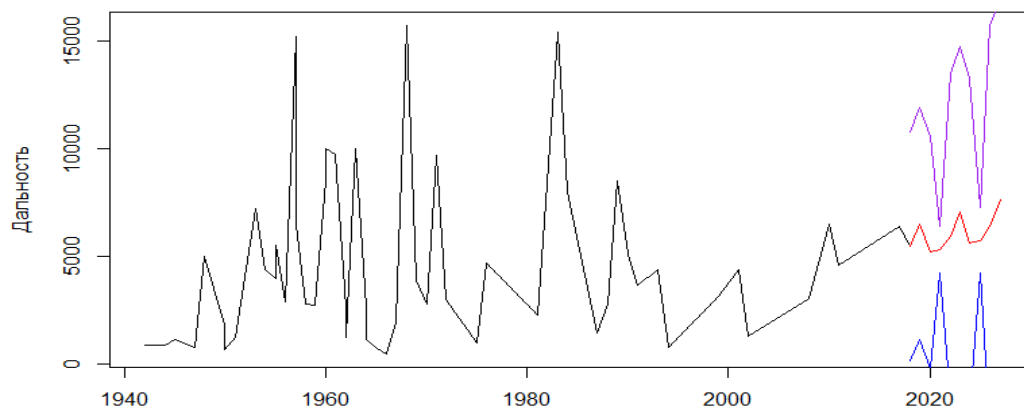
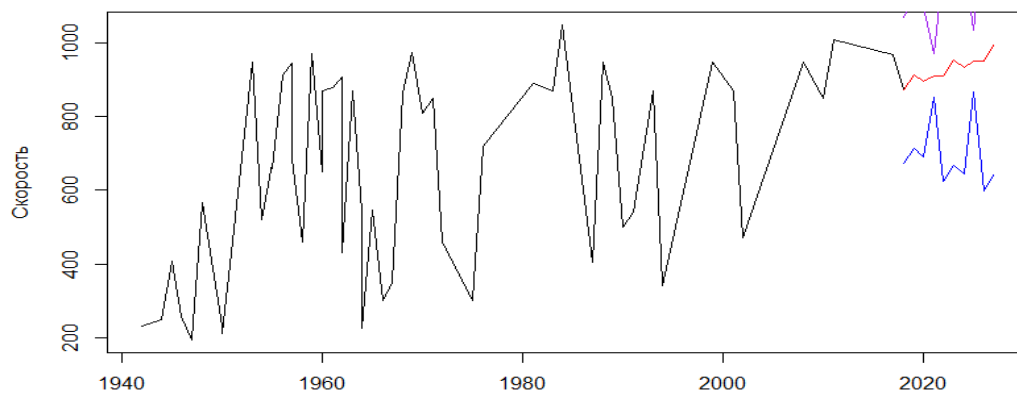
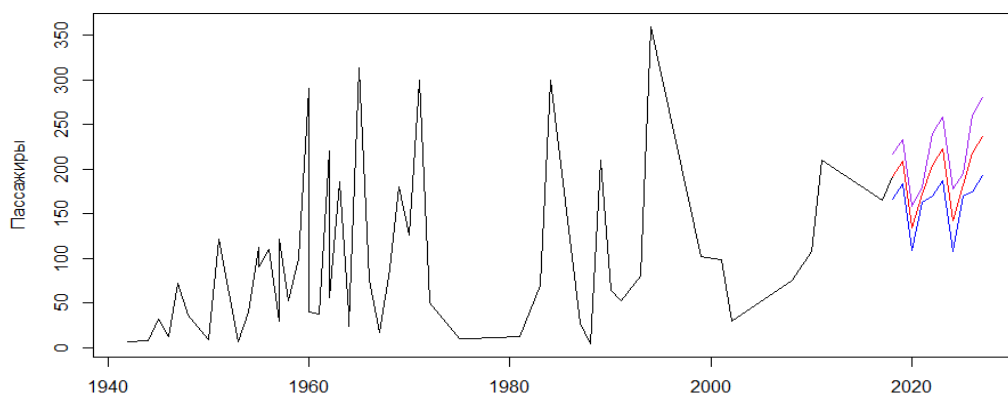
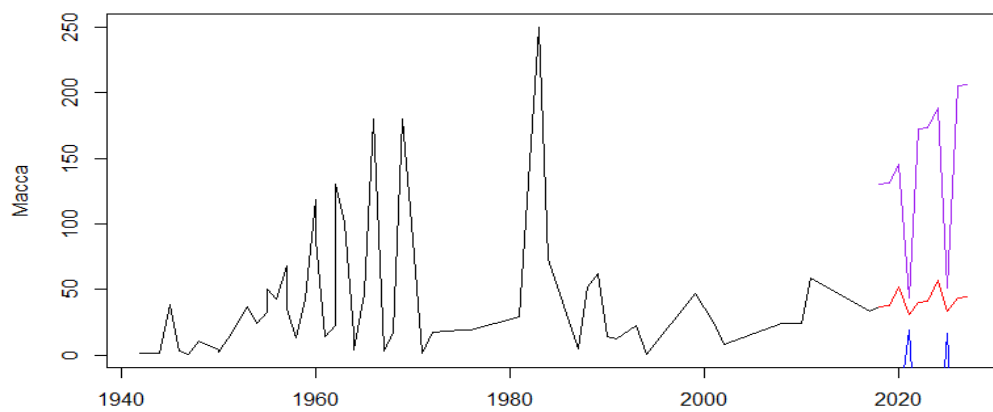


## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫМ СПОСОБОМ R LANGUAGE

Мультипликативная модель прогнозирования

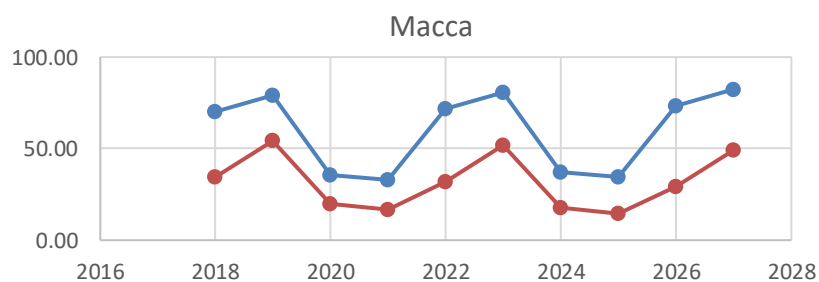




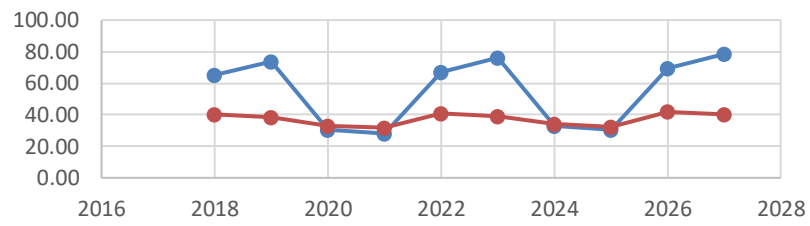


## ПРИЛОЖЕНИЕ В

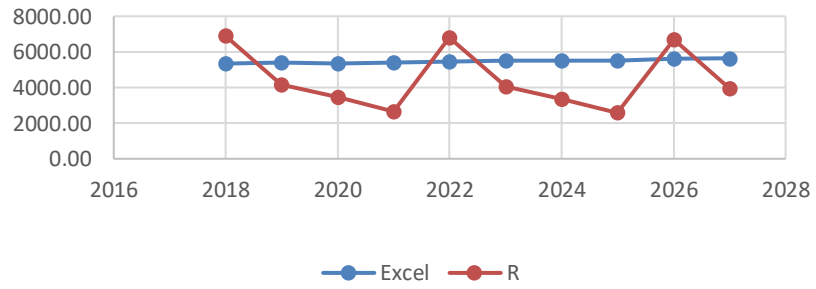
### Аддитивная модель прогнозирования



Полезная нагрузка

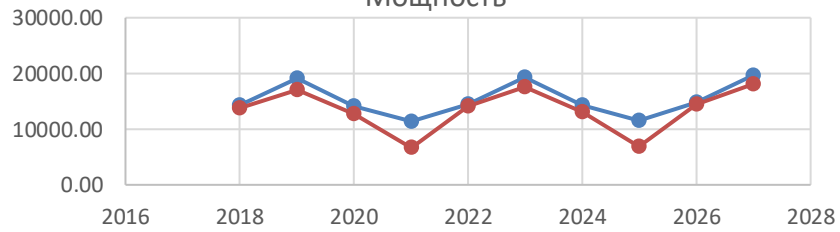


Дальность

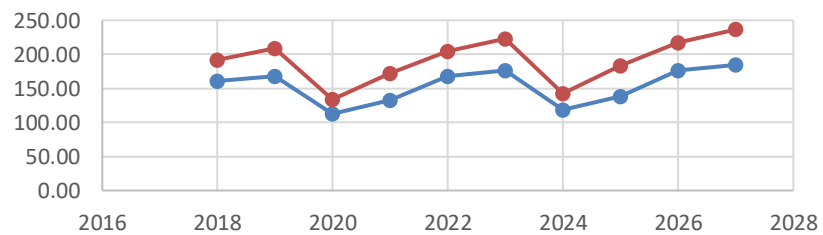


### Мультипликативная модель прогнозирования

Мощность

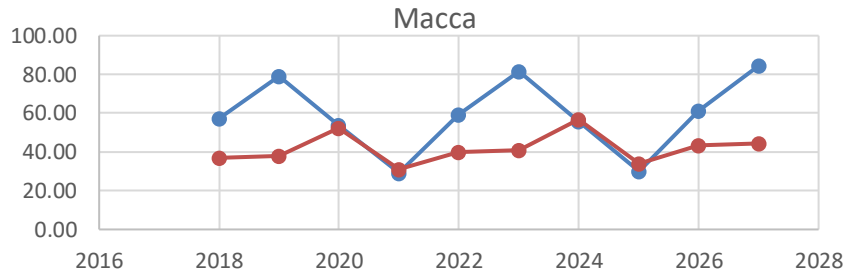


Пассажировместимость



Скорость





Excel R