Министерство транспорта Российской Федерации (Минтранс России)

Федеральное агентство воздушного транспорта (Росавиация)

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный  
университет гражданской авиации»

 **Моделирование транспортных процессов**

**Методические указания по изучению дисциплины**

**и выполнению контрольной работы**

**Для студентов ФАИТОП и ЗФ**

**направление подготовки**

**ОПУВТ, ОрАД**

**Квалификация выпускника - бакалавр**

Санкт-Петербург

2016

Одобрено и рекомендовано к изданию

Учебно-методическим советом Университета

Ш87(03)

**Моделирование транспортных процессов:** Методические указания по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы / Университет ГА. С.-Петербург, 2016.

Издаются в соответствии с программой учебной дисциплины «Моделирование транспортных процессов».

Содержат основные положения, цели и задачи дисциплины, требования к уровню освоения содержания дисциплины. Указана роль математических методов в принятии управленческих решений производственных задач авиационного транспорта. Даны методологические основы математического моделирования в организации транспортных процессов, приведены таблицы, расчетные формулы, рисунки, контрольное задание для студентов заочного факультета, список литературы.

Предназначены для студентов ФАИТОП и ЗФ квалификации бакалавр по направлениям подготовки ОПУВТ и ОрАД.

Ил. 10, табл. 19, библ. 48 назв.

Составители:Зайцев Е.Н., д-р. техн. наук, профессор

Шайдуров И.Г., ст. преп.

Рецензент: Колясников В.А., канд. техн. наук, доцент

© Университет гражданской авиации, 2016

**1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ,  
ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

Дисциплина «Моделирование транспортных процессов» входит в «Математический и естественнонаучный цикл. Дисциплины по выбору (Б2.ДВ3.1)». Дисциплина направлена на развитие у студентов знаний, навыков и профессиональных компетенций, определенных образовательной организацией – ФГБОУ СПб ГУГА ‒ по направлению подготовки 190700 «Технология транспортных процессов», профиль «Организация перевозок и управление на воздушном транспорте (ОПУВТ)», (бакалавр).

Данная дисциплина базируется на компетенциях, сформированных у студента при освоении дисциплин гуманитарного, социального и экономического цикла дисциплин: «Философия», «Правоведение», «Экономика», «Менеджмент»; цикла математических и естественнонаучных дисциплин: «Математика», «Физика», «Экология», «Воздушный транспорт в современном мире»; цикла общепрофессиональных дисциплин: «Введение в профессию», «Общий курс транспорта», «Исследование операций на транспорте»

Дисциплина «Моделирование транспортных процессов», представляет собой интеграцию методов решения практических задач в области функционирования транспортных предприятий и управления ими. В этой связи основное внимание уделяется экономико-математическому анализу функционирования транспортных систем и отдельных ее элементов, информационному обеспечению управления в транспортных системах, процессам принятия решений в иерархических активных системах.

По мере освоения лекционного курса предусмотрено проведение практических занятий по тематике дисциплины и самостоятельная работа студентов, что позволяет углубить и закрепить теоретические знания, полученные на лекциях.

Форма итогового контроля по дисциплине – контрольная работа, зачет.

**Целями** дисциплины «Моделирование транспортных процессов» являются формирование профессиональных знаний и приобретение практических навыков в осуществлении и применении методов моделирования и в том числе в принятии эффективных управленческих решений производственных задач оценке и повышения безопасности процессов на различных видов транспорта.

Для достижения поставленных целей в рамках дисциплины решаются следующие **задачи**:

* освоение и использование аппарата всех видов моделирования и особенно математического моделирования транспортных производственных процессов на основе методов математического программирования;
* ознакомление с методиками проектирования транспортных систем доставки грузов и обеспечение безопасности при их эксплуатации;
* уяснение роли, состояния и перспектив развития экономико-математических методов при моделировании транспортных процессов организации перевозок в рыночных условиях с учетом трудовых, материальных, технико-эксплуатационных и организационных ограничений.

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование и обладание следующими компетенциями:

**общекультурные компетенции**:

* владеет культурой мышления, способен к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения  
  (ОК-1);
* способен находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и готов нести за них ответственность (ОК-4);
* использует основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, способен анализировать социально значимые проблемы и процессы (ОК-9);
* использует основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применяет методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОК-10);

**профессиональные компетенции:**

* способен к планированию и организации работы транспортных комплексов городов и регионов, организации рационального взаимодействия видов транспорта, составляющих единую транспортную систему, при перевозках пассажиров, багажа, грузобагажа и грузов (ПК-2);
* готов к организации рационального взаимодействия различных видов транспорта в единой транспортной системе (ПК-3);
* способен выявлять приоритеты решения транспортных задач с учетом показателей экономической эффективности и экологической безопасности (ПК-16);
* готов к кооперации с коллегами по работе в коллективе, к совершенствованию документооборота в сфере планирования и управления оперативной деятельностью транспортной организации (ПК-30).

**2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ  
СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:**

* модели случайных процессов;
* нечёткие модели и оценки возможности;
* планирование эксперимента и обработку экспериментальных данных;
* основные понятия имитационного моделирования;
* технические и программные средства реализации информационных процессов;
* алгоритмизацию и программирование;
* локальные и глобальные сети и их использование при решении прикладных задач обработки данных;
* основные параметры транспортно-грузовых комплексов;
* автоматизированную систему управления (АСУ) как инструмента оптимизации процессов управления в транспортных системах;
* структуры, уровней построения и функций АСУ безопасностью на транспорте;
* алгоритмы эффективного принятия оперативных решений;
* метод аналитической иерархии;
* техническое и информационное обеспечения АСУ;
* основы передачи данных;
* базы и банки данных;
* общих понятий об организации перевозочного процесса в отрасли и безопасности движения транспортных средств.

**уметь:**

* использовать математические модели и методы в технических приложениях;
* использовать современные информационные технологии;
* использовать возможности вычислительной техники и программного обеспечения;
* работать с информацией в глобальных компьютерных сетях.
* исследовать характеристики транспортных средств, транспортных потоков, транспортного пространства и операторов, а так же лиц, принимающих решения на транспорте;
* выявлять места концентрации и разрабатывать мероприятия по устранению причин транспортных происшествий;
* определять критерии устойчивости и показатели качества систем автоматизированного управления в системах обеспечения безопасности транспортных процессов.

**владеть:**

* методами математического моделирования в технических приложениях;
* методами математического анализа, теории вероятностей, математической статистики, математического программирования, имитационного моделирования.
* основными приемами работы на компьютерах с прикладным программным обеспечением.
* пользовательскими вычислительными системами и системами программирования;
* навыками работы в сети Интернет.

**3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ТЕМА 1. РОЛЬ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ПРИНЯТИИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ АВИАЦИОННОГО ТРАНСПОРТА**

## 1.1. Математическое моделирование — основной метод кибернетики.

Специфика этой науки заключается в том, что она изучает не вещественный состав систем и не их структуру, а результат работы данного класса систем. В кибернетике впервые было сформулировано понятие «черного ящика» как устройства, которое выполняет определенную операцию над настоящим и прошлым входного потенциала, но для которого мы необязательно располагаем информацией о структуре, обеспечивающей выполнение этой операции.

Кибернетика как наука об управлении объектом своего изучения имеет управляющие системы. Для того чтобы в системе могли протекать процессы управления, она должна обладать определенной степенью сложности. С другой стороны, осуществление процессов управления в системе имеет смысл только в том случае, если эта система изменяется, движется, т. е. если речь идет о динамической системе. Поэтому можно уточнить, что объектом изучения кибернетики являются сложные динамические системы. К сложным динамическим системам относятся и живые организмы (животные и растения), и социально-экономические комплексы (организованные группы людей, бригады, подразделения, предприятия, отрасли промышленности, государства), и технические агрегаты (поточные линии, транспортные средства, системы агрегатов).

Рассматривая сложные динамические системы, сегодня кибернетика ставит перед собой задачи всестороннего изучения их функционирования. Кибернетика изучает общие закономерности управляющих систем и их конкретные количественные и качественные свойства. Так, при исследовании сложной динамической системы, как транспортно-логистическая система, мы сосредоточиваем внимание непосредственно на транспортной составляющей. Для исследования системы, необходимо декомпозировать систему на подсистемы (производственные этапы) и подсистемы разложить до уровня модуля (операции). Время технологических процессов по обслуживанию пассажиров или обработке почты и багажа зависят от весогабаритных характеристик пассажиров, почты, груза (ППГ), уровня квалификации обслуживающего персонала, характеристик технических средств, которые определяют требования к коммуникациям и необходимым энергетическим ресурсам в условиях ограничений по экологическим нормам и правилам безопасности.

Когда изменение параметров тех или иных ресурсов в технологических процессах (операциях) начинают существенно влиять на процессы управления системой, кибернетика должна включать их в сферу своего исследования, но не всестороннего, а именно с позиций их воздействия на процессы управления.

Таким образом, предметом изучения кибернетики являются проблемные области в технологических процессах и выработка решений при управлении сложными динамическими системами.

Всеобщим методом познания, в равной степени применимым к исследованию всех явлений природы и общественной жизни, служит материалистическая диалектика. Однако, кроме общефилософского метода, в различных областях науки применяется большое количество специальных методов.

До недавнего времени в биологических и социально-экономических науках современные математические методы применялись в весьма ограниченных масштабах. Только последние десятилетия характеризуются значительным расширением использования в этих областях теории вероятностей и математической статистики, математической логики и теории алгоритмов, теории множеств и теории графов, теории игр и исследования операций, корреляционного анализа, математического программирования и других математических методов. Теория и практика кибернетики непосредственно базируются на применении математических методов при описании и исследовании систем и процессов управления, на построении адекватных им математических моделей и решении этих моделей на быстродействующих ЭВМ. Таким образом, одним из основных методов кибернетики является метод математического моделирования систем и процессов управления.

Системы изучаются в кибернетике по их реакциям на внешние воздействия, другими словами, по тем функциям, которые они выполняют. Наряду с вещественным и структурным подходами, кибернетика ввела в научный обиход функциональный подход как вариант системного подхода в широком смысле слова. Применение системного и функционального подходов при описании и исследовании сложных систем относится к основным методологическим принципам кибернетики.

Системный подход выражается в комплексном изучении системы с позиций системного анализа, т. е. анализа проблем и объектов как совокупности взаимосвязанных элементов, исходя из представлений об определенной целостности системы.

Функциональный анализ имеет своей целью выявление и изучение функциональных последствий тех или иных явлений или событий для исследуемого объекта. Соответственно, функциональный подход предполагает учет результатов функционального анализа при исследовании и синтезе систем управления.

Основная цель кибернетики как науки об управлении — добиваться построения на основе изучения структур и механизмов управления таких систем, такой организации их работы, такого взаимодействия элементов внутри этих систем и такого взаимодействия с внешней средой, чтобы результаты функционирования этих систем были наилучшими, т. е. приводили бы наиболее быстро к заданной цели функционирования при минимальных затратах тех или иных ресурсов (сырья, человеческого труда, машинного времени, горючего и т.д.). Все это можно определить кратко термином «оптимизация». Таким образом, основной целью кибернетики является оптимизация систем управления.

Для исследования систем кибернетика использует три принципиально различных метода: математический анализ, физический эксперимент и вычислительный эксперимент.

Первые два из них широко применяются и в других науках. Сущность первого метода состоит в описании изучаемого объекта в рамках того или иного математического аппарата (например, в виде системы уравнений) и последующего извлечения различных следствий из этого описания путем математической дедукции (например, путем решения соответствующей системы уравнений). Сущность второго метода состоит в проведении различных экспериментов либо с самим объектом, либо с его реальной физической моделью.

Достижением кибернетики является разработка и широкое использование нового метода исследования, получившего название вычислительного или машинного эксперимента, иначе называемого математическим моделированием. Смысл его в том, что эксперименты производятся не с реальной физической моделью изучаемого объекта, а с его математическим описанием, реализованным в компьютере. Высокое быстродействие современных компьютеров позволяет при тактическом и стратегическом планировании смоделировать процесс работы аэропорта «Пулково» за год в течении двух часов. При оперативном планировании увидеть «узкие места» возникающие в аэропорту, что даёт возможность диспетчерам центра оперативного управления производством (ЦОУП) принимать эффективные решения.

## 1.2. Принципиальная схема процесса управления.

Классическое представление системы любой природы, как управляемой системы может быть представлено в виде кибернетического контура (рис. 1).

Основные функции управления: планирование, организация, мотивация, контроль и учет, регулирование (оперативное управление). Оперативное управление: оперативный план выхода из сложившейся ситуации; организация ресурсов, способных выполнить разработанный план; также контроль результатов выхода и, если необходимо, их исправление.

1. Планирование. Деньги на перевозку груза заказчика получены по результатам процесса маркетинга, затем в плане расписываются все виды работ, время на их выполнение и количество необходимых ресурсов. Определяем затраты на виды работ и ресурсы. С учетом взаимосвязи и взаимодействия элементов объекта управления, определяющих результат процесса, разрабатываем экономико-математическую модель и проводим оценку мероприятий плана: выбор наилучших вариантов выполнения плана.
2. Организация ресурсов производственного процесса и формирование структуры выполнения плана. Организационная функция обеспечивает переход управляемой системы из сложившегося, в результате воздействия факторов состояния, в желаемое, планируемое. Ресурсы — это все, что может быть использовано для достижения целей (персонал, здания, оборудование, финансовые ресурсы и т.)
3. Мотивация – активизация деятельности людей для выполнения целей плана.
4. Контроль фактического состояния параметров процесса и учёт их отклонения от планового состояния.

Контроль как функция управления представляет собой процессы наблюдения за параметрами управляемого объекта (управляемой системы) и внешней среды, их состоянием и изменениями, а также выявление фактических значений отклонений от плановых и организационных значений (количественных и качественных). Контролю подлежат все управляемые параметры объекта управления, состав и значения которых устанавливаются в процессах планирования и организации.

Управленческий учет это - подсистема, которая обеспечивает управленческий аппарат организации информацией, необходимой для планирования, управления, контроля. Отличие управленческого учета от финансового в том, что финансовый учет ориентирован на внешнего пользователя (акционеры, кредиторы, государство) , а управленческий учет ориентирован на внутреннего пользователя (управленческий аппарат компании).

1. Регулирование – процесс оперативного управления транспортным производством (оперативные планирование, организация, мотивация, контроль и учет, регулирование). Проводим анализ – выявляем причинно-следственные связи возникших отклонений (Δ) и определение необходимости и срочности разработки и принятия устраняющих их решений. Возможные последствия ситуации, их вероятность и пути развития – основания для определения необходимости и срочности решения данной ситуации. Решение должно быть направлено на устранение или локализацию причин (факторов) ее вызвавших. Таким образом, система управления процессами разработки принятия и реализации решений в предприятии (службе) должна иметь развитую систему контроля, учета и анализа и базироваться на постоянно обновляющихся нормах и нормативах.



Рис. 1. Функциональная схема системы управления процессом перевозки

Объект управления (процесс какого-либо производства) и субъект управления (система управления этим процессом) определяются выбором системы и уровнем иерархии в ней.

Взаимодействие двух подсистем определяется наличием прямых и обратных связей.

**Объект управления** – подсистема, которая в процессе взаимодействия элементов (ресурсов), выполняет определенного вида деятельность, направленную на получение результата, например, на получение транспортной продукции, собранный автомобиль или телевизор, выздоровевший человек и т.д.).

Объект управления как подсистема, выполняющая процесс, например, по транспортировке, обучению, производству промышленной или другой продукции, лечению больного, подготовки аэродрома и т.д., состоит из шести взаимосвязанных и взаимодействующих элементов:

1. предмет труда (перевозимый груз или пассажир, студент, запчасти для сборки автомобиля, больной, аэродром и т.д.),
2. процесс труда во времени, длительность производственного процесса и его этапов
3. исполнители труда (водитель, преподаватель, оператор на линии сборки автомобилей, врач, аэродромный оператор и т.д.).
4. средства (орудия) труда (автомобиль, презентация, станки, градусник, спецмашины, дозиметр и т.д.),
5. Энергообеспечение процесса труда всех ресурсов (элементов), обеспечивающих выполнение производственного процесса на всех этапах (топливом автомобиль, рефрижератор, освещение и теплообеспечение коммуникаций, зданий и т.д.).
6. Коммуникации (пространство, место и т.д.), где выполняется процесс с использованием соответствующих элементов (ресурсов).

*Цель объекта управления*: производство транспортной продукции в результате перевозки пассажиров, почты и груза, формирование знаний, навыков и умений, собранный автомобиль, здоровый человек, готовый к эксплуатации аэродром и т.д.

Обратная связь – информация о фактическом состоянии выполняемого процесса. Выполняется функция контроля состояния выполняемого процесса и результаты передаются в подсистему субъект управления (СУ)

**Субъект управления** – подсистема управления выполняемого процесса (ОУ).

Процесс управления — процесс научного исследования проблемы (отклонения от плана) по разработке и принятию решения, которая возникла в результате воздействия внешних или внутренних факторов на производственный процесс с целью минимизации отклонения или их ликвидации и включает ряд взаимосвязанных этапов:

* информационный: сбор и обработка статистической [информации](http://slovari.yandex.ru/%7E%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B8/%D0%9B%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2/%D0%98%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F/) и доведение до исполнителей управляющих [сигналов](http://slovari.yandex.ru/%7E%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B8/%D0%9B%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2/%D0%A1%D0%B8%D0%B3%D0%BD%D0%B0%D0%BB/);
* модельный: разработка и реализация системы моделей прогнозирования и планирования для различных уровней и с разными временными горизонтами;
* критериальный — выявление и фиксация системы общественных (корпоративных и иных) [целей](http://slovari.yandex.ru/%7E%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B8/%D0%9B%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2/%D0%A6%D0%B5%D0%BB%D1%8C/), [приоритетов](http://slovari.yandex.ru/%7E%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B8/%D0%9B%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%82/) и [критериев](http://slovari.yandex.ru/%7E%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B8/%D0%9B%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2/%D0%9A%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B9/);
* алгоритмический — собственно формирование планов с учетом экономических возможностей и общественных [потребностей](http://slovari.yandex.ru/%7E%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B8/%D0%9B%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2/%D0%9F%D0%BE%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%20%D1%8D%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5/), а также непосредственных и долговременных последствий принимаемых [решений](http://slovari.yandex.ru/%7E%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B8/%D0%9B%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2/%D0%A0%D0%B5%D1%88%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5/);
* стимулирующий: определение системы [предпочтений](http://slovari.yandex.ru/%7E%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B8/%D0%9B%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BF%D0%BE%D1%87%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5/) [элементов](http://slovari.yandex.ru/%7E%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B8/%D0%9B%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%8B/) экономической системы, выработка и реализация таких форм и принципов организации их деятельности, при которых интересы системы воспринимаются коллективами и собственниками предприятий, отдельными участниками [экономического процесса](http://slovari.yandex.ru/%7E%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B8/%D0%9B%D0%BE%D0%BF%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2/%D0%AD%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81/) как их собственные интересы.

Субъект управления, как и объект управления это подсистема, выполняющая процесс и он также включает в себя:

1. Предмет управленческого труда (информация о состоянии процесса перевозки груза или пассажира, информация о подготовке студента, информация о процессе сборки автомобиля, информация о состоянии больного, информация о подготовке аэродрома к работе и т.д.),
2. Процесс управленческого труда разработки и принятия решения в зависимости от времени.
3. Исполнители управленческого труда (диспетчер по управлению процессом перевозки, преподаватель, оператор на линии сборки автомобилей, врач определяющий диагноз, аэродромный оператор и т.д.).
4. Средства управленческого труда (информационно-техническое обеспечение по анализу информации о процессе перевозки груза или пассажира, рубежный контроль, информационное обеспечение сборочного конвейера для оперативного управления, знания о способе лечения больного, информационное обеспечение о состоянии аэродрома и т.д.),
5. Энергообеспечение управленческого процесса труда на всех этапах принятия решения.
6. Информационные коммуникации. В процессе коммуникации информация передается от одного субъекта к другому. Коммуникация и информация взаимосвязанные понятия, информация – это то, "что передается", коммуникация включает в себя информацию и то, "как" передается. Коммуникационная сеть - совокупность всех информационных потоков в организации. Направления движения этих информационных потоков может быть:

• вертикальное (передача информации от руководства к подчиненным или от подчиненных к руководству);

• горизонтальное (передача информации между равными уровнями управления).

Цель объекта управления: перевозка пассажиров, почты и груза, формирование знаний, навыков и умений, собранный автомобиль, здоровый человек, готовый к эксплуатации аэродром и т.д.

Результат перевозки – перевезенные пассажиры, почта, груз, транспортная продукция (ткм, пасс км)

Цель субъекта управления: обеспечение экстремума критерия оценки процесса любой природы: минимизация затрат на перевозку пассажиров, почты, груза, формирование специалиста отвечающего современным требованиям рынка труда, максимум выпускаемой продукции с высоким качеством, низкий уровень заболеваемости, обеспечение максимальной пропускной способности аэродрома и т.д.

Внешние воздействия и/или внутренние помехи – процессы воздействия незапланированных факторов (неопределенность) на объект управления (внешние: метеоявления, сезонность, снижение спроса на перевозки, ограничения полётов по УВД и т.д.; внутренние: отказ и износ техники и других технических систем, выход из строя ведущих специалистов, слабые знания, уровень общей культуры, здоровья, плохой социально-психологический климат, неудовлетворительные социальные условия).

Управляющее воздействие - воздействие со стороны субъекта управления на объект управления в виде сигнала, команды, приказа, распоряжения, установки, нормативно-правовых актов, инструкций, стимулов, поощрений и наказаний.

Эффективное функционирование системы управления производством обеспечивается при соблюдении определенных требований:

* Должна быть известна цель управления.
* Система управления должна иметь возможность выбора принимаемого решения.
* Система управления должна прогнозировать условия производства.
* Управление следует осуществлять с резервом.

## 1.3. Детерминированные и стохастические системы

Системы, для которых состояние системы однозначно определяется начальными значениями и может быть предсказано для любого момента времени называются детерминированными.

Стохастические системы - системы изменения, в которых носят случайный характер. Например, влияние автомобильных пробок на регулярность полётов в аэропорту или неравномерный пассажиропоток к стойке регистрации пассажиров в аэропорту. При случайных воздействиях, данных о состоянии системы недостаточно для предсказания в последующий момент времени.

Расчет систем при случайных воздействиях производится с помощью специальных статистических методов. Вводятся оценки случайных параметров, выполненные на основании множества испытаний.

Статистические свойства случайной величины определяют по ее функции распределения или плотности вероятности.

Классификации всегда относительны. Так, в детерминированной системе можно найти элементы стохастичности, и, напротив, детерминированную систему можно считать частным случаем стохастической (при вероятности равной единице). Аналогично, если принять во внимание диалектику субъективного и объективного в системе, то станет понятной относительность разделения системы на абстрактные и объективно существующие: это могут быть стадии развития одной и той же системы.

## 1.4. Основные понятия в исследовании операций

Исследование операций — дисциплина, занимающаяся разработкой и применением методов нахождения оптимальных решений на основе математического моделирования, статистического моделирования и различных эвристических подходов в различных областях человеческой деятельности. Иногда используется название математические методы исследования операций.

Исследование операций — применение математических, количественных методов для обоснования решений во всех областях целенаправленной человеческой деятельности. Исследование операций начинается тогда, когда для обоснования решений применяется тот или другой математический аппарат.

Операция — всякое мероприятие (система действий), объединённое единым замыслом и направленное к достижению какой-то цели. Операция всегда является управляемым мероприятием, т.е. зависит от ЛПР, каким способом выбрать параметры ресурсов необходимых при организации операции.

Решение — всякий определённый набор зависящих от ЛПР параметров. Оптимальное решение, решение которое по тем или другим критериям предпочтительнее других.

Цель исследования операций — предварительное количественное обоснование оптимальных решений с опорой на показатель эффективности. Результатом исследования операций, является выработка эффективного принятия решения проблем для ЛПР в детерминированных или стохастических системах.

Элементы решения — параметры, совокупность которых образует решение: числа, векторы, функции, физические признаки и т.д. Если элементами решения можно распоряжаться в определённых пределах, то заданные условия (ограничения) фиксированы сразу и нарушены быть не могут (грузоподъёмность, размеры, вес). К таким условиям относятся средства (материальные, технические, людские), которыми человек вправе распоряжаться, и иные ограничения, налагаемые на решение. Их совокупность формирует множество возможных решений.

Пример: Имеются *m* пунктов отправления груза *А*1, *А*2, ..., *Аm* и объемы отправления по каждому пункту *a*1, *a*2, ..., *am*. Известна потребность в грузах *b*1, *b*2,...,*bn* по каждому из n пунктов назначения *B*1, *B*2,..., *Bn*. Задана также матрица стоимостей *сij*, (*i*=1,2,...,*m*, *j*=1,2,...,*n*) доставки груза из пункта *i* в пункт *j*. Необходимо рассчитать оптимальный план перевозок, т. е. определить, сколько груза *xij* должно быть отправлено из каждого пункта отправления (от поставщика) в каждый пункт назначения (до потребителя) с минимальными суммарными транспортными издержками.

Решение — совокупность чисел *x*11, *x*12, …, *xm*1, *xm*2, …, *xmn*

## 1.5. Моделирование методами сетевого планирования

Сетевое планирование - метод научного планирования и управления производственными процессами, выполняющими большие объемы работ.

Методы сетевого планирования находят широкое применение во многих отраслях народного хозяйства, в том числе и на автомобильном транспорте.

На автомобильном транспорте методами сетевого планирования описываются процессы технического обслуживания и ремонта автомобилей, перевозочные и строительные процессы и т.д.

Сетевое планирование имеет ряд преимуществ:

* обеспечивает наглядность технологической последовательности работ;
* позволяет составить оперативные и текущие планы, а также прогнозировать сложные процессы;
* позволяет выявить скрытые ресурсы времени и материальных средств при выполнении производственных процессов и значительно повысить их эффективность.

Чтобы приступить к сетевому планированию (моделированию) того или иного производственного процесса, необходимо иметь перечень, последовательность и продолжительность (трудоемкость) выполнения операций (работ), соответствующих рассматриваемому производственному процессу.

Сетевое планирование сопровождается построением рабочих таблиц и сетевых графиков, к рассмотрению элементов которых мы и перейдем.

***1. Элементы сетевых графиков***

При построении сетевых графиков используют два логических понятия (элемента) - работа и событие.

В сетевом планировании термин «работа» предусматривает процесс, предшествующий совершению какого-либо события. Термин «событие» выражает собой определенный результат выполнения работы (или работ).

На сетевом графике события изображают кружком, а работы - ориентированными стрелками.

Фрагмент сетевого графика приведен на рис. 2.

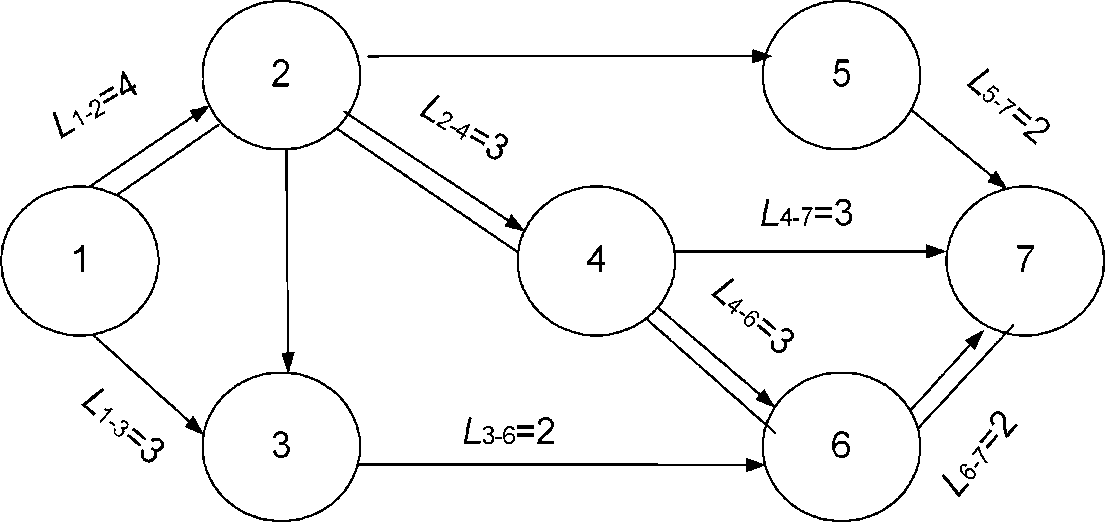


Рис. 2. Фрагмент сетевого графика

Каждому событию присваивается определенный номер (обычно цифрой), т.е. 1, 2, 3 и т.д.

Каждая работа, изображенная на сетевом графике стрелкой, объединяет только два события, поэтому принято работу на сетевом графике обозначать номерами предшествующего (i-го) и последующего (j-го) событий, т.е. 1 - 2,  
2 - 5, 5 - 7 и т.д.

Продолжительность работы проставляется над стрелками, т. е. L1-2 = 4,  
L2-5 = 5 и т.д.

Сетевой график представляет собой последовательность работ и событий, отражающих их технологическую взаимосвязь.

На сетевом графике выделяют два события: начальное (1) (исходное) и конечное (7) (завершающее). Все остальные события называются промежуточными.

Исходное событие отражает начало выполнения всего комплекса работ и не имеет предшествующего события.

Завершающееся событие отражает конечную цель всего комплекса работ и не имеет последующего события.

Термин «работа» включает три понятия:

* 1. «Фактическая работа», т.е. трудовой процесс, приводящий к достижению определенных результатов и требующих затрат времени и ресурсов.
  2. «Ожидание» - технологический перерыв в работе, не требующий затрат труда, но требующий затрат времени (высыхание краски, отвердевание цемента и т.д.).
  3. «Зависимость» (фиктивная работа) - логическая связь между событиями, не требующая затрат времени и ресурсов, но показывающая, что возможность начала одной работы зависит от результатов другой.

На сетевых графиках фактическую работу и ожидание изображают сплошными стрелками, а зависимости - пунктирными.

Сетевой график строят в масштабе или без масштаба. В последнем случае обязательно над стрелками проставляют продолжительность работы в единицах времени.

Любая последовательность работ от одного события к другому (любому) называется путем и обозначается L (2 - 5 - 7), т. е. каждый путь обозначают буквой L и номерами событий, через которые он проходит.

Длина любого пути определяется суммарной продолжительностью составляющих его работ.

Полный путь - это путь от исходного до завершающего события.

В сетевом графике, как правило, имеется несколько полных путей с различной продолжительностью.

Так, для нашего примера имеем пять полных путей, длина которых

L1(1 - 2 - 5 - 7) = 4 + 5 + 1 = 10;

L2(1 - 2 - 4 - 7) = 4 + 3 + 3 = 10;

L3(1 - 2 - 4 - 6 - 7) = 4 + 3 + 3 + 2 = 12;

L4(1 - 2 - 3 - 6 - 7) = 4 + 1 + 2 + 2 = 9;

L5(1 - 3 - 6 - 7) = 4 + 2 + 2 = 8.

Полный путь, имеющий максимальную продолжительность, называют критическим путем.

Работы, лежащие на критическом пути, называется критическими работами.

Для нашего примера Lкр (1 - 2 - 4 - 6 - 7) = 12 единиц времени. Для большей наглядности его выделяют двойными или жирными линиями.

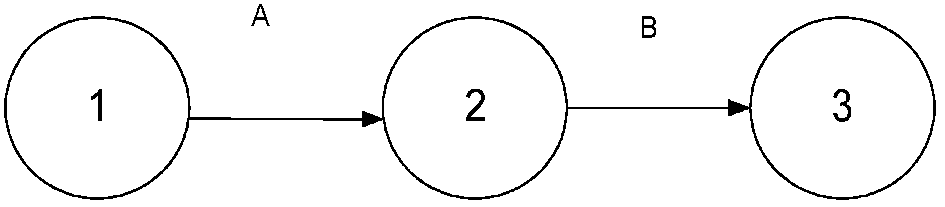
Критический путь (Lкр) определяет общую продолжительность выполнения всего комплекса работ.

Полные пути, продолжительность которых меньше Lкр, называются некритичными. У них имеется резерв времени, в пределах которого время выполнения работ может быть увеличено, что не приводит к увеличению общей продолжительности наступления завершающего события.

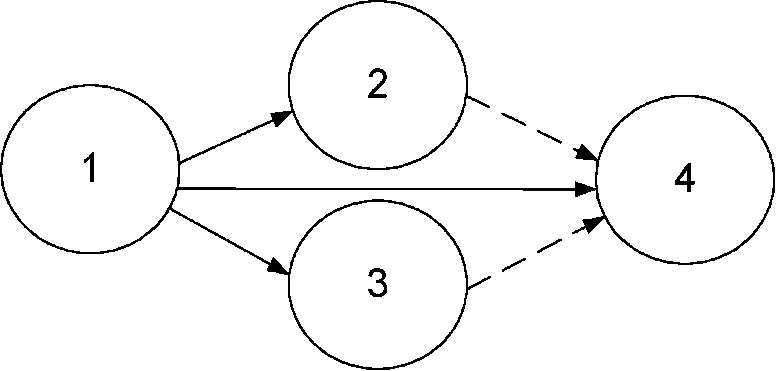
***2. Правила построения сетевых графиков***

При построении сетевых графиков необходимо учитывать следующие правила.

1. Между двумя событиями на графике может находиться только одна работа.

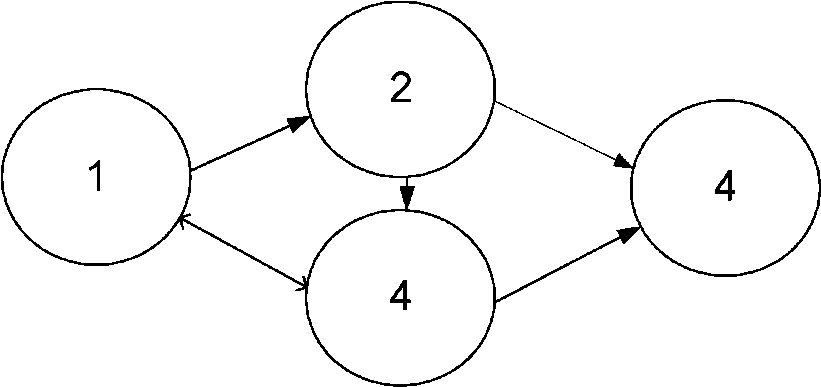


2. Если одно событие служит началом нескольких работ, которые заканчиваются также в одном событии, то необходимо ввести фиктивные работы и дополнительные события со своими номерами.

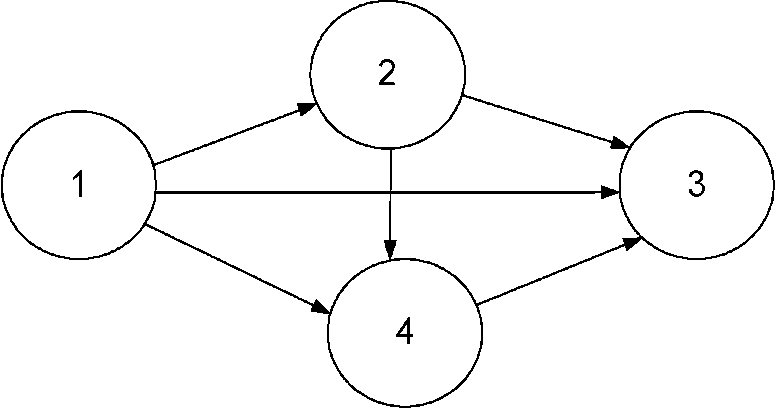


3. Все события, кроме завершающего, должны иметь последующую работу. Наличие «тупиков» в сети указывает на ошибку. Также в сети не должно быть событий, в которые не входит ни одна работа (исключение составляет исходное событие).

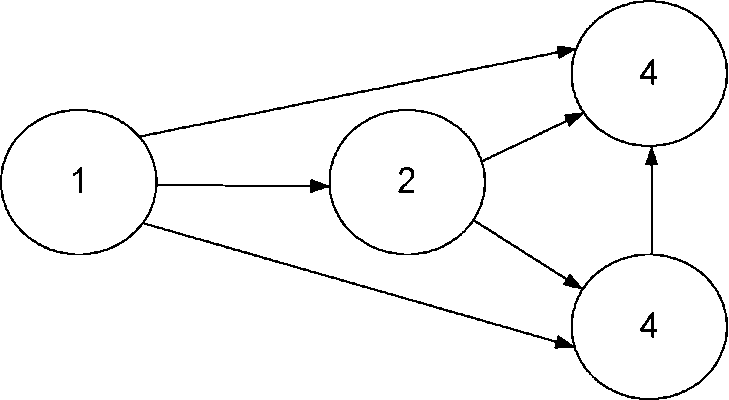
4. В сетевом графике не должно быть замкнутых контуров, т.е. путей, которые начинаются и заканчиваются в одном и том же событии.



5. При построении сетевых графиков следует избегать взаимного пересечения стрелок:



Правильное изображение сети:



***3. Процесс построения сетевых графиков***

Процесс сетевого планирования и управления (СПУ) включает в себя четыре взаимосвязанных этапа.

* + - 1. Описание комплекса работ, определение их продолжительности и последовательности.
      2. Построение сетевого графика.
      3. Расчет и анализ параметров сетевого графика.
      4. Оптимизация сетевого графика, контроль и оперативное управление ходом выполнения комплексом работ.

Пример. Составить сетевой график сменно-суточного плана перевозки грузов автомобильным транспортом.

* + - * 1. Определяем перечень работ в составе сетевого графика (табл. 1).
        2. Построение сетевого графика.

При этом пользуемся основными правилами построения сетевых графиков, а также учитываем, что взаимосвязанные работы выполняются последовательно, независимые работы выполняются как последовательно, так и параллельно.

Таблица 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование работ | Код  работ | Продол- житель- ность, ч |
| 1 | Получение заявки на перевозку грузов от клиентуры | 1 - 2 | 7 |
| 2 | Определение корреспондирующих точек и расстояний между ними | 2 - 3 | 3 |
| 3 | Определение объемов перевозок | 2 - 4 | 4 |
| 4 | Выбор подвижного состава для осуществления перевозок | 4 - 5 | 2 |
| 5 | Фиктивная работа (зависимость) | 5 - 6 | 0 |
| 6 | Разработка рациональных маршрутов перевозок | 6 - 7 | 1,5 |
| 7 | Расчет потребного парка подвижного состава | 7 - 8 | 2 |
| 8 | Составление маршрутных ведомостей (разнарядки) | 8 - 9 | 4 |
| 9 | Выписка путевых листов | 9 - 10 | 3 |
| 10 | Доставка грузов потребителям | 10 - 11 | 8 |
| 11 | Контроль за работой подвижного состава на линии | 10 - 13 | 8 |
| 12 | Прием товарно-транспортных документов | 11 - 12 | 1,5 |
| 13 | Обработка товарно-транспортных документов | 12 - 14 | 2 |
| 14 | Составление диспетчерского отчета | 14 - 15 | 2 |

Примечание. Продолжительность работ выбрана условно.

При построении сетевого графика использованы следующие основные правила.

Строим сетевой график сменно-суточного плана перевозки грузов (рис. 3).

Рис. 3. Сетевой график сменно-суточного плана перевозки грузов

События обозначают кружочками, внутри ставится номер события (выделяются начальное, конечное и промежуточные события).

События соединяются ориентированной стрелкой, которая направлена от предшествующего события к последующему (стрелка представляет собой на сетевом графике работу).

Любые два события могут быть соединены не более чем одной стрелкой.

В начальное событие не входит ни одна стрелка.

Из конечного события не выходит ни одна стрелка.

События сетевого графика нумеруются так, чтобы для каждой работы номер начального события был меньше, чем номер конечного.

Каждую работу кодируют двумя цифрами. Первая цифра означает начало работы и соответствует номеру предшествующего события.

Продолжительность работы проставляется над стрелками.

Часть работ выполняется последовательно (6 - 7), (7 - 8), (8 - 9) и т.д. Это означает, что начало каждой последующей работы зависит от окончания предшествующей.

Работы (10 - 11), (10 - 13) могут начинаться в один и тот же момент времени с наступлением события 10. Эти работы не зависят во времени одна от другой и могут выполняться параллельно.

Фиктивные работы (1 - 3), (3 - 6) и т.д. устанавливают логическую взаимосвязь, и продолжительность их равна 0.

Весь комплекс работ завершается, как только окончится работа (14 - 15) и свершится событие 15.

Составление сетевого графика сменно-суточного плана перевозок этим считается законченным.

При разработке сетевых графиков необходимо учитывать следующие условия.

Ни одно условие не может произойти до тех пор, пока не будут заключены все входящие в него работы.

Ни одна работа, выходящая из данного события, не может начинаться до тех пор, пока данные событие не произойдут.

На сетевом графике выдается критический путь для последующей его минимизации. Для чего определяют время начала и окончания каждой операции, время наступления каждого события, а также устанавливают возможность изменения этих параметров с целью оптимизации сетевой модели.

***4. Расчет параметров сетевой модели***

Расчет параметров сетевой модели ведется для полных путей, событий и работ.

При расчетах определяют следующие параметры:

для полных путей сетевого графика:

* t(Li) - продолжительность любого полного пути;
* t(Lкр) - продолжительность критического пути;
* R(Li) - полный резерв времени пути.
  1. для событий:
* ,  - ранний и поздний сроки совершения события;
*  - резерв времени события.

1. для работ:

* ,  - ранний срок начала и окончания работ;
* ,  - поздний срок начала и окончания работ;
* ,  - полный и свободный резервы времени работы.

При расчете этих параметров используют графический и табличный методы.

4.1. Расчет продолжительности полного пути

1. Расчет продолжительности любого полного пути осуществляется по формуле:



Расчет сведем в табл. 2.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Путь Li | Продолжительность пути t(Li) | Резерв  R(Li) | Примечание |
| 1 | 1 - 2 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 14 - 15 | 7 + 4 + 2 + 0 + 1,5 + 2 + 4 + 3 + 8 + 1,5 + 2 + 2 = 37 | 0 | Критический путь |
| 2 | 1 - 2 - 4 - 5 - 6 - 2 - 8 - 9 - 10 - 13 - 14 - 15 | 7 + 4 + 2 + 0 + 1,5 + 2 + 4 + 3 + 8 + 0 + 2 = 33,5 | 3,5 |  |
| 3 | 1 - 2 - 3 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 14 - 15 | 7 + 3 + 0 + 1,5 + 2 + 4 + 3 + 8 + 1,5 + 2 + 2 = 34 | 3,0 |  |
| 4 | 1 - 2 - 3 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 13 - 14 - 15 | 7 + 3 + 0 + 1,5 + 2 + 4 + 3 + 8 + 0 + 2 = 30,5 | 4,5 |  |
| 5 | 1 - 3 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 11 - 12 - 14 - 15 | 0 + 0 + 1,5 + 2 + 4 + 3 + 8 + 1,5 + 2 + 2 = 24 | 13,0 |  |
| 6 | 1 - 3 - 6 - 7 - 8 - 9 - 10 - 13 - 14 - 15 | 0 + 0 + 1,5 + 2 + 4 + 3 + 8 + 0 + 2 = 20,5 | 16,5 |  |

1.  - продолжительность критического пути (в нашем

примере это путь 1).

1. Полный резерв времени пути



Повышение суммарной продолжительности всех работ, лежащих на пути , на величину  не увеличивает время наступления завершающего события.

4.2. Расчет времени наступления событий

Расчет произведем на сетевом графике (рис. 4). При графическом методе записи расчетных параметров осуществляются непосредственно на сетевом графике.

Для чего каждый кружок сетевого графика делим на четыре части (секторы), в этих секторах записываются следующие данные:

* верхний - предназначен для записи номера события *i*;
* правый - для записи раннего срока свершения события ;
* левый - для записи позднего срока свершения события ;
* нижний - для записи резерва времени события .



Рис. 4. Сетевой график с указанием времени наступления событий

1. Наиболее ранний срок поступления i-го события в сети , где i = 1, 2, n; i - одно из событий сети.

 - минимально необходимое время между наступлением начального и данного события.

Для начального события

 = 0 - наиболее ранний срок равен 0.

При расчете  последовательно переходят от начального события к событию, все более от него удаленному. Тогда для любого другого события j этот показатель определяется по формуле



где  - наиболее ранний срок поступления события i, предшествующего событию j;  - продолжительность работы (i - j).

Для конечного события сетевого графика наиболее ранний срок наступления его равен продолжительности критического пути и называется критическим временем сетевого графика.

2. Наиболее поздний срок наступления события в сети .

Этот показатель рассчитывается от конца сетевого графика к началу, т.е. в направлении, обратном определению наиболее раннего срока наступления событий.

Для конечного события (k) делается предположение, что наиболее ранний срок его наступления равен наиболее позднему сроку, т.е.

*.*

Для критического пути также верно равенство

**

Тогда для начального -  = 0.

Для других событий сетевого графика  определяется по формуле

где  - наиболее поздний срок наступления последующего события j;

 - продолжительность работы (i - j).

Этот показатель определяет наиболее допустимое время наступления события, не требующее увеличения времени на осуществление всего комплекса работ.

Допустимый срок наступления события .



Данное неравенство показывает, что допустимый срок наступления события должен находиться в диапазоне изменений от наиболее раннего срока наступления до наиболее позднего срока наступления данного события.

Для критических событий



3. Резерв времени событий .

Рассчитав ранние и поздние сроки наступления каждого события, можно определить резервы времени событий по формуле



Резервы времени всех критических событий равны 0.

 = 0

4.3. Расчет времени выполнения работ

Расчет времени выполнения работ проводят после того, как определены  и  для всех событий.

1. Ранний срок начала работ () равен раннему сроку наступления события, из которого исходит данная работа (рис. 5), т.е.



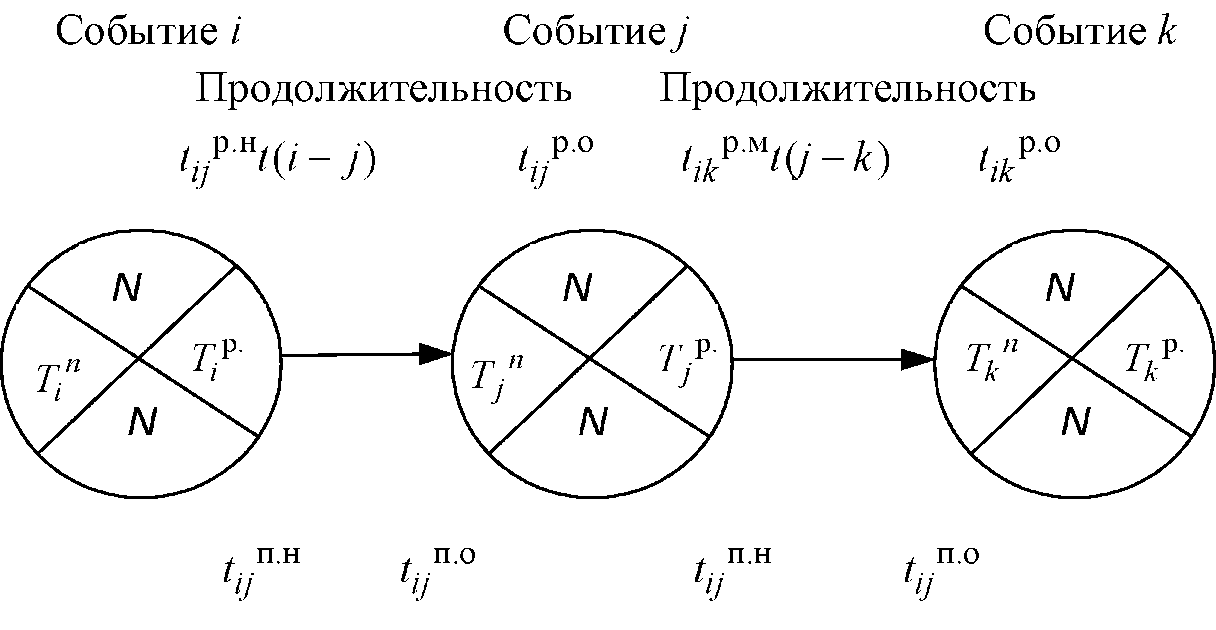


Рис. 5. Фрагмент сетевого графика

Если эту оценку выразить через характеристики работ, то можем записать: ,

где  - предшествующая работа;  - последующая работа.

1. Ранний срок окончания работы определяется путем прибавления к раннему сроку начала работы продолжительности самой работы

 или 

1. Поздний срок окончания работы равен позднему сроку наступления последующего события

 или 

1. Поздний срок начала работы находится путем вычитания из позднего срока наступления последующего события продолжительности работы, т.е.

 или 

1. Полный резерв времени работы показывает время, на которое можно перенести начало данной работы (или увеличить её продолжительность), не изменяя при этом длины критического пути и определяется по формулам

 или 

Для всех работ, лежащих на критическом пути, .

Свободный резерв времени работы - часть полного резерва времени работы, которая сохраняется у нее при условии, что начальное событие работы совершится в самый поздний срок, а конечное - в самый ранний срок и определяется по формулам

 или 

Результаты расчета временных характеристик работ рассматриваемого сетевого графика сведены в табл. 3.

Таблица 3

Таблица расчета временных характеристик сетевого графика

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Код работы | Продолжи-тельность работ | Начало работ | | Окончание работ | | Запас времени |
| раннее | позднее | раннее | позднее | полный |
| 1 | 1 - 2 | 7 | 0 | 0 | 7 | 7 | 0 |
| 2 | 2 - 3 | 3 | 7 | 10 | 10 | 13 | 3 |
| 3 | 2 - 4 | 4 | 7 | 7 | 11 | 11 | 0 |
| 4 | 4 - 5 | 2 | 11 | 11 | 13 | 13 | 0 |
| 5 | 5 - 6 | 0 | 13 | 13 | 13 | 13 | 0 |
| 6 | 6 - 7 | 1,5 | 13 | 13 | 14,5 | 14,5 | 0 |
| 7 | 7 - 8 | 2 | 14,5 | 14,5 | 16,5 | 16,5 | 0 |
| 8 | 8 - 9 | 4 | 16,5 | 16,5 | 20,5 | 20,5 | 0 |
| 9 | 9 - 10 | 3 | 20,5 | 20,5 | 23,5 | 23,5 | 0 |
| 10 | 10 - 11 | 8 | 23,5 | 23,5 | 31,5 | 31,5 | 0 |
| 11 | 10 - 13 | 8 | 23,5 | 27 | 31,5 | 35 | 3,5 |
| 12 | 11 - 12 | 1,5 | 31,5 | 31,5 | 33 | 33 | 0 |
| 13 | 12 - 14 | 2 | 33 | 33 | 35 | 35 | 0 |
| 14 | 14 - 15 | 2 | 35 | 35 | 32,0 | 37 | 0 |

***5. Сетевой график ремонта автомобилей***

Дополнительно принципы построения сетевых графиков рассмотрим на основе перечня работ ремонта автомобиля и времени их выполнения (табл. 4.)

В таблице указано, что выполнение работ а3, а4 и а5 может начаться только после окончания работы а2; работы а6 - после окончания а3 и т.д. Установление очередности и полного перечня работ - очень важный вопрос при составлении исходных данных для сетевой модели и исследуемого процесса.

Используя данные табл. 4, можно построить сетевой график (рис. 6), где работы изображены векторами (стрелками), а события, состоящие в окончании работ и возможности начать новые работы, - кружками.

Чтобы отразить на графике зависимость непосредственно не опирающихся друг на друга работ, вводится фиктивная работа, имеющая нулевые затраты времени для ее выполнения. Она наносится на график пунктирной линией и нужна лишь для того, чтобы изобразить на сети требуемую очередность работы. Например, на рис. 6 событие 11 (начало работы а12) возможно только тогда, когда будут выполнены работы а9 и а10, связанные через фиктивные работы (9 - 11) и (10 - 11).

Таблица 4

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Вид работ | Условное обозначение вида работ | Предшест-вующий вид работ | Продол-житель-ность работ, ч |
| 1 | Подготовка автомобиля к ремонту и постановка его на место разборки | а1 | - | 2 |
| 2 | Разборка автомобиля на основные узлы | а2 | а1 | 8 |
| 3 | Разборка и дефектовка деталей двигателя | а3 | а2 | 6 |
| 4 | Разборка и дефектовка деталей трансмиссии | а4 | а2 | 6 |
| 5 | Разборка и дефектовка деталей рулевого управления и ходовой части | а5 | а2 | 4 |
| 6 | Комплектовка деталей двигателя | а6 | а3 | 4 |
| 7 | Комплектовка деталей трансмиссии | а7 | а4 | 4 |
| 8 | Комплектовка деталей ходовой части и рулевого управления | а8 | а5 | 3 |
| 9 | Сборка и испытание двигателя | а9 | а6 | 12 |
| 10 | Сборка и испытание ходовой части и рулевого управления | а10 | а8 | 10 |
| 11 | Сборка и испытание трансмиссии | а11 | а7 | 14 |
| 12 | Сборка автомобилей из узлов и обкатка | а12 | а9, а10, а11 | 34 |
| 13 | Покраска | а13 | а12 | 2 |
| 14 | Приемка автомобиля из ремонта | а14 | а13 | 0,5 |

Часть работ выполняется последовательно (2 - 3), (3 - 6), (6 - 9) и т. д. Это означает, что начало каждой последующей работы зависит от окончания предшествующей.

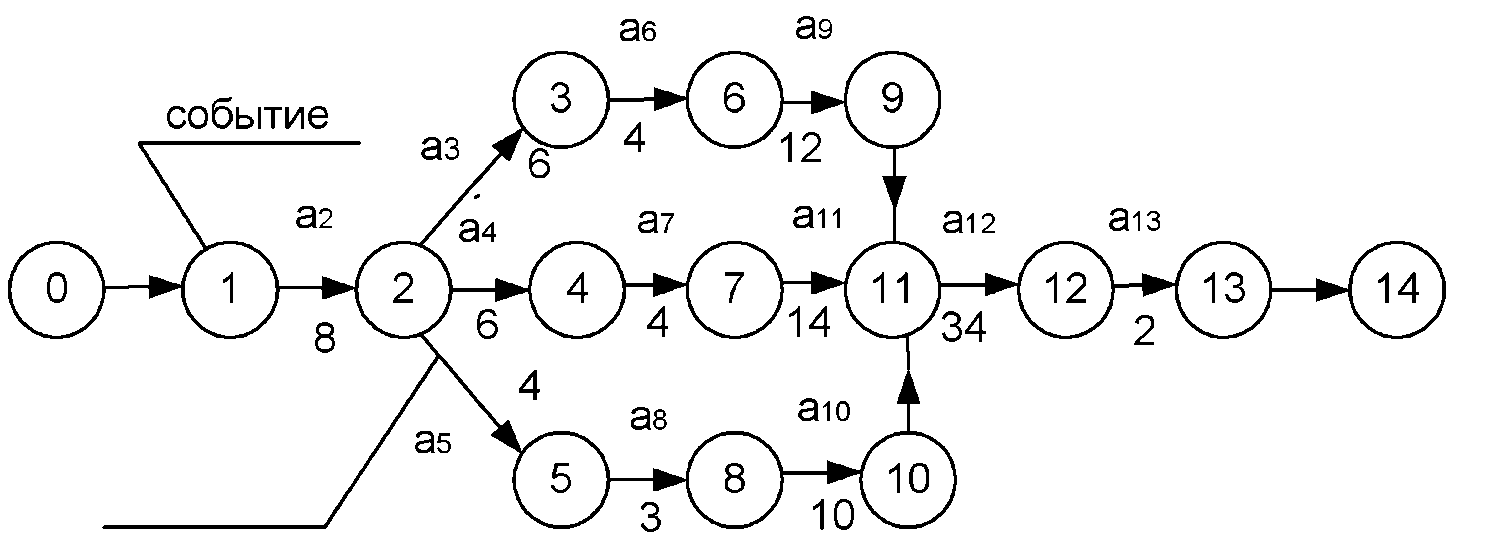


Рис. 6. Упрощенный сетевой график ремонта автомобиля

Работы (2 - 3), (2 - 4), (2 - 5) могут начинаться в один и тот же момент времени с наступлением события 2. Эти работы не зависят во времени одна от другой и могут выполняться параллельно.

Фиктивные работы (9 - 11), (10 - 11) устанавливают логическую взаимосвязь, и продолжительность их равна 0.

После построения сетевого графика производится расчет параметров модели: продолжительность критического пути, сроков наступления событий и времени выполнения работ.

Критический путь - это последовательность технологически взаимосвязанных работ от начального до конечного событий, имеющая максимальную продолжительность. Найдем критический путь для рассмотренного примера, определив время выполнения работ по каждой из трех ветвей: верхняя (а1 🡪 а2 🡪 а3 🡪 а6 🡪 а9 🡪 а12 🡪 а13 🡪 а14)

*Т*в = 2 + 8 + 6 + 4 + 12 + 34 + 2 + 0,5 = 68,5 (ч);

средняя (а1 🡪 а2 🡪 а4 🡪 а7 🡪 а11 🡪 а12 🡪 а13 🡪 а14)

*Т*с = 2 + 8 + 6 + 4 + 14 + 34 + 2 + 0,5 = 70,5 (ч);

нижняя (а1 🡪 а2 🡪 а5 🡪 а8 🡪 а10 🡪 а12 🡪 а13 🡪 а14)

*Т*н = 2 + 8 + 4 + 3 + 10 + 34 + 2 + 0,5 = 63,5 (ч).

Наибольшее время выполнения работ мы получили на средней ветви графика, этот путь и является критическим  =  = 70,5 (ч).

Работам, лежащим на критическом пути, уделяется особое внимание, поскольку всякая задержка в выполнении любой из этих работ приводит к срыву окончания всего комплекса работ.

Расчет сроков наступления событий ведется в следующей последовательности.

Первоначально определяется наиболее ранний срок наступления j-го события в сети , где j = 1, 2, ..., n; n - одно из событий сети. Для начального события наиболее ранний срок равен 0, т.е. *Т*р(1) = 0. Для любого другого события этот показатель определяется по формуле

,

где  - наиболее ранний срок наступления события i, предшествующего событию j, *tij* - продолжительность работы (i - j) (рис. 7.)

.

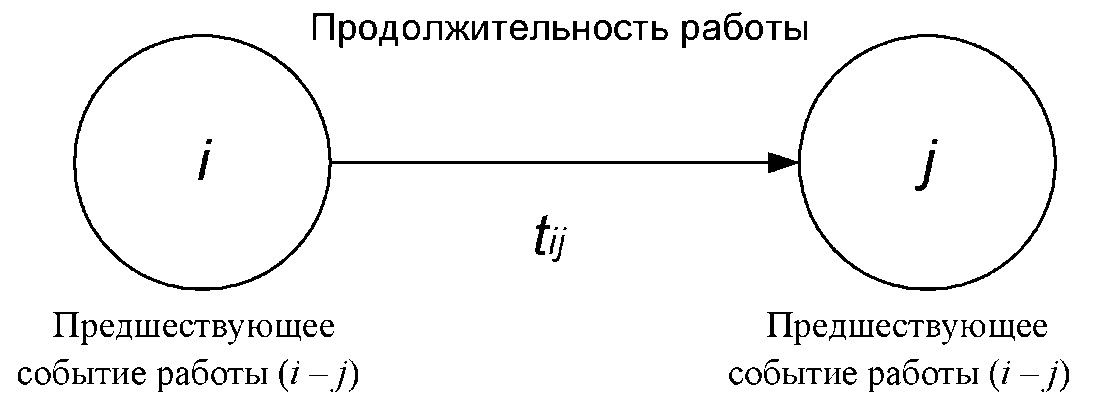


Рис. 7. Элементы сетевого графика

Для конечного события сетевого графика наиболее ранний срок наступления равен продолжительности критического пути.

Наиболее поздний срок наступления события в сети  определяется по формуле

,

где  - наиболее поздний срок наступления последующего события j;  
 - продолжительность работы i - j.

Этот показатель рассчитывается от конца сетевого графика к началу, т.е. в направлении, обратном определению наиболее раннего срока наступления событий. Для конечного события *k* делается предположение, что наиболее ранний срок его наступления равен наиболее позднему сроку, т.е.

 = . Для критических событий сетевого графика  = . Для начального события  = 0.

Допустимый срок наступления события .

Данное неравенство показывает, что допустимый срок наступления события должен находиться в диапазоне изменений от наиболее раннего срока наступления до наиболее позднего допустимого срока наступления данного события. Для критических событий ==.

Результаты расчетов сроков наступления событий для сетевого графика, представленного на рис. 6, приведены в табл. 5.

Таблица 5

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Событие | Срок наступления | |
| наиболее ранний | наиболее поздний |
| 0 | Автомобиль поставлен на ремонт | 0 | 0\* |
| 1 | Начата разборка автомобиля на узлы | 2 | 2\* |
| 2 | Начата разборка узлов автомобиля | 10 | 10\* |
| 3 | Закончена разборка и дефектовка деталей двигателя | 16 | 18 |
| 4 | Закончена разборка и дефектовка деталей трансмиссии | 16 | 16\* |
| 5 | Закончена разборка и дефектовка ходовой части и рулевого управления | 14 | 21 |
| 6 | Начата сборка двигателя | 20 | 22 |

Продолжение таблицы 5

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 7 | Начата сборка трансмиссии | 20 | 20\* |
| 8 | Начата сборка ходовой части и рулевого управления | 17 | 24 |
| 9 | Закончена сборка и испытание двигателя | 32 | 34 |
| 10 | Закончена сборка ходовой части и рулевого управления | 27 | 34 |
| 11 | Закончена сборка трансмиссии и начата сборка автомобиля из узлов | 34 | 34\* |
| 12 | Закончена сборка автомобиля | 68 | 68\* |
| 13 | Закончена покраска автомобиля | 70 | 70\* |
| 14 | Автомобиль принят с ремонта | 70,5 | 70,5\* |

\* События, лежащие на критическом пути.

1) Раннее начало работы -  определяется как продолжительность пути наибольшей длины от начального события до предшествующего события данной работы. Раннее начало любой последующей работы (j - k) равно сумме значений раннего начала и продолжительности работы (i - j), предшествующей для данной работы (см. рис. 5):

.

Раннее начало работ, выходящих из первого события, равно нулю. Если данной работе предшествуют две и большее количество работ, то ее раннее начало равно максимальному значению сумм раннего начала и продолжительности предшествующей работы .

Раннее начало работы j - k равно наиболее раннему сроку наступления предшествующего события j, т.е. .

1. Раннее окончание работы  определяется как сумма раннего начала работ и ее продолжительности .
2. Позднее начало работ  представляет собой самый поздний срок начала работы, который не вызывает задержки выполнения всего комплекса в целом. Позднее начало работы рассчитывается в обратном порядке, от конца сетевого графика к началу, и определяется как разность между продолжительностью критического пути от конечного состояния графа до предшествующего события данной работы.
3. Позднее окончание работы  равно времени окончания работы, если она была начата в поздний срок, и поэтому определяется как сумма позднего начала и ее продолжительности  =  + .

Если известно позднее окончание последующей работы, то для данной работы значение позднего окончания определится следующим образом:

 =  - .

Позднее окончание работы ** сетевого графика всегда равно наиболее позднему сроку наступления последующего события , т.е. * = .*

Результаты счета временных параметров работ сведены в табл. 6. Из таблицы следует, что значение критического пути определяется по максимальной величине их ранних окончаний работ  равно 70,5.

Позднее окончание работы (13 - 14), завершающееся событием 14, равно максимальному значению их ранних окончаний работ и также определяет продолжительность критического пути.

Работы, у которых ранние начала и окончания соответственно равны поздним началам и окончаниям, лежат на критическом пути и не имеют запасов времени. Для данного графика к этим работам относятся (0 - 1), (1 - 2), (2 - 4),  
(4 - 7), (7 - 11), (11 - 12), (12 - 13), (13 - 14).

Таблица 6

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Кол-во работ, предшествующих данной работе | Код работы | Продол- житель- ность работы, ч | Начало работы | | Окончание работы | | Запас времени |
| раннее | позднее | раннее | позднее | полный |
|  |  |  |  |  |
| 0 | 0 - 1 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 |
| 1 | 1 - 2 | 8 | 2 | 2 | 10 | 10 | 0 |
| 1 | 2 - 3 | 6 | 10 | 12 | 16 | 18 | 2 |
| 1 | 2 - 4 | 6 | 10 | 10 | 16 | 16 | 0 |
| 1 | 2 - 5 | 4 | 10 | 12 | 14 | 21 | 7 |
| 1 | 3 - 6 | 4 | 16 | 18 | 20 | 22 | 2 |
| 1 | 4 - 7 | 4 | 16 | 16 | 20 | 20 | 0 |
| 1 | 5 - 8 | 3 | 14 | 21 | 17 | 24 | 7 |
| 1 | 6 - 9 | 12 | 20 | 22 | 32 | 34 | 2 |
| 1 | 7 - 11 | 14 | 20 | 20 | 34 | 34 | 0 |
| 1 | 8 - 10 | 10 | 17 | 24 | 27 | 34 | 7 |
| 1 | 9 - 11 | 0 | 32 | 34 | 32 | 34 | 2 |
| 1 | 10 - 11 | 0 | 27 | 34 | 27 | 34 | 7 |
| 3 | 11 - 12 | 34 | 34 | 34 | 68 | 68 | 0 |
| 1 | 12 - 13 | 2 | 68 | 68 | 70 | 70 | 0 |
| 1 | 13 - 14 | 0,5 | 70 | 70 | 70,5 | 70,5 | 0 |

Полный (общий) запас времени , представляющий собой время, на которое можно перенести начало работ (*i* - *j*) или, наоборот, увеличить их продолжительность без изменения общего срока выполнения комплекса работ, определяется по формуле  =  - .

*6. Оптимизация и преимущества сетевых моделей*

После того как построен исходный сетевой график и рассчитаны основные параметры сетевой модели, необходимо дать оценку полученным результатам. Если критический путь больше установленного срока, предложенного руководством, то необходимо осуществить оптимизацию сетевого графика.

Под оптимизацией понимают процесс улучшения сетевого графика:

а) путем уменьшения общего времени выполнения работ критического пути (оптимизация по времени);

б) обеспечения выполнения всего комплекса работ при ограниченных ресурсах (оптимизация по ресурсам).

Оптимизация сетевого графика по времени заключается в сокращении критического пути и проводится в следующем порядке:

* 1. уточнение времени выполнения работ;
  2. сокращение времени выполнения критических работ за счет совершенствования технологии их производства;
  3. изучаются возможности замены последовательно выполняемых работ параллельными там, где это допускается технологией, с целью сокращения продолжительности работ;
  4. перераспределение ресурсов с некритических на критические работы, выполнение последних в две или три смены;
  5. сокращаются сроки выполнения комплекса работ за счет привлечения дополнительных ресурсов, а также применения технологических условий производства комплекса работ.

Если исходный вариант сетевого графика имеет продолжительность критического пути, соответствующую директивному сроку или не превышает этот срок, то он считается оптимальным и может быть рекомендован к утверждению и выполнению.

Оптимизация сети по ресурсам. Оптимизация сетевого графика по времени без учета ограничений по ресурсам предполагает, что потребность в ресурсах может быть установлена в необходимые сроки. Однако такой подход к разработке сетевых графиков не исключает решения задачи наиболее рационального распределения ресурсов, поэтому после оптимизации сетевой модели по критерию «времени» производится ее оптимизация по ресурсам.

Преимущества сетевых моделей следующие.

* + 1. Сетевые графики дают четкое представление об общем объеме работ комплекса.
    2. Обеспечивают наглядность технологической последовательности работ.
    3. Сетевые модели обеспечивают распределение средств и рабочей силы, что создает условия для наилучшего использования ресурсов.
    4. Позволяют осуществлять текущее планирование выполнения работ, прогнозировать сложные процессы, выявлять «узкие места» производства.
    5. Сократить потери времени при выполнении всего комплекса работ.
    6. Выбрать оптимальный вариант выполнения работ.

**тема 2. Методологические основы  
математического моделирования в  
организации транспортных процессов**

## 2.1. Системный, комплексный и кибернетический подходы к описанию системы «Аэропорт-Авиакомпания-УВД»

Развитие транспортного комплекса России и стремление к эффективному взаимодействию с мировым транспортным комплексом требует решения целого ряда крупномасштабных, комплексных научных проблем. Должны быть созданы условия для взаимодействия видов транспорта на принципах маркетинга, менеджмента и логистики, межвидовой конкуренции и формирования единого инфотелекоммуникационного пространства.

Одна из важнейших проблем при выполнении смешанных перевозок это высокие значения транспортной составляющей цены перевозимого груза, билета пассажиров. От этого зависит конкурентоспособность участников перевозки и производителей перевозимой продукции.

Европейское экономическое сообщество строит свою концепцию развития транспорта на интермодальном подходе на базе 4PL-провайдера, суть которого не в прямой конкуренции, а во взаимодействии видов транспорта и управление всей цепочкой поставок. Основными направлениями развития транспорта Европы приняты [1]:

* объединение национальных транспортных сетей в единую европейскую структуру;
* интеграция видов транспорта с целью формирования интегрированных систем, взаимодействующих видов транспорта на одном маршруте;
* совершенствование и развитие межвидовых (смешанных, интермодальных) перевозок;
* обеспечение высокого уровня безопасности;
* высокая профессиональная подготовка транспортных специалистов и их социальная защита.

Развитие транспорта России и стремление к эффективному взаимодействию с мировым транспортным комплексом требует решения целого ряда крупномасштабных, комплексных научных проблем. Наиболее перспективными направлениями развития транспорта в стране, отмеченные в программных документах являются:

* формирование *комплексных систем управления* функционированием и развитием транспорта;
* создание *системы комплексного информационного обеспечения* и *технологического взаимодействия* различных видов транспорта, основанных на логистических принципах;

Переход от командно-административных принципов управления экономикой к рыночным определил и новые условия работы всех видов транспорта: с учетом взаимодействия на принципах маркетинга, менеджмента, логистики и формирования для этого единого инфотелекоммуникационного пространства.

Следовательно, необходимо иметь систему управления транспортными предприятиями, своевременно реагирующую на изменения как внутренней, так и внешней среды при выполнении смешанных перевозок. Тем самым можно обеспечить единство, как внутренней логистики каждого участника перевозки, так и внешней – при их партнерском взаимодействии в составе транспортно-логистического комплекса (табл. 7).

Применяем для декомпозиции транспортно-логистического комплекса принцип иерархии:

1. – Транспортно-логистический комплекс (ТЛК) смешанных перевозок:
2. – Авиационная транспортно-логистическая система
3. – Авиационный транспортно-логистический узел

* – Аэропорт (Аэропорт отправления, Аэропорт прибытия)
* – Авиационное предприятие (авиакомпания)
* – Система управления воздушным движением (УВД)

Структурная декомпозиция транспортно-логистического комплекса при смешанной перевозке, даёт возможность увидеть системы, участвующие в перевозке, их подсистемы и их элементы, а также влияние внутренних и внешних факторов с учётом уровня иерархии, определить и рассмотреть этапы взаимодействия между всеми участниками транспортного процесса.

Таблица 7

Структура транспортно-логистического комплекса смешанной перевозки

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Элементы ТЛК** | | **Транспортно-логистический комплекс смешанной перевозки** | | | | | | |
| **Системы ТЛК, участвующие в смешанной перевозке** | | | | | | |
| Произ-водитель | Перевоз-ка груза автом. трансп. | Авиац. трансп. узел отправ. | Система УВД | Авиац. трансп. узел прилёта | Перевоз-ка груза автом. трансп. | Получа-тель  (Склад, магазин) |
| 1 | Пассажиры, почта, груз | 1.1. | 2.1. | 3.1. | 4.1. | 5.1. | 6.1. | 7.1. |
| 2 | Время перевозки | 1.2. | 2.2. | 3.2. | 4.2. | 5.2. | 6.2. | 7.2. |
| 3 | Персонал | 1.3. | 2.3 | 3.3. | 4.3. | 5.3 | 6.3. | 7.3. |
| 4 | Техника | 1.4. | 2.4 | 3.4. | 4.4. | 5.4 | 6.4. | 7.4. |
| 5 | Энергообеспе-чение | 1.5. | 2.5. | 3.5 | 4.5. | 5.5 | 6.5. | 7.5. |
| 6 | Коммуникации | 1.6. | 2.6 | 3.6 | 4.6. | 5.6 | 6.6. | 7.6. |
| 7 | Экология | 1.7. | 2.7 | 3.7. | 4.7. | 5.7 | 6.7. | 7.7. |
| 8 | Безопасность | 1.8. | 2.8 | 3.8. | 4.8. | 5.8 | 6.8. | 7.8. |

Принимаем, что выполнение функций каждым участником смешанной перевозки осуществляют следующие элементы ТЛК (табл. 7):

1. Предмет (объект) обслуживания – пассажиры, почта, груз (ППГ).
2. Процесс (этапы, операции) обслуживания по маршруту движения ППГ.
3. Персонал, выполняющий процесс обслуживания.
4. Техника, приборы, оборудование и т.д., обеспечивающие выполнение процесса обслуживания.
5. Энергообеспечение при выполнении процесса обслуживания.
6. Коммуникации, рабочие зоны, рабочие места и т.д.
7. Экологическое обеспечение процессов обслуживания при использовании необходимых ресурсов.
8. Безопасность процессов (операций) обслуживания и его элементов на всех этапах и операциях.

### 2.1.1. Комплексное взаимодействие участников транспортно-логистической системы с участием авиационной транспортно-логистической системы

Комплексное взаимодействие транспортных систем различных видов при выполнении смешанной перевозки на принципах маркетинга, менеджмента и логистики, позволяет обеспечивать высокое качество обслуживания при уменьшении транспортной составляющей цены перевозимого груза или стоимости билета для пассажира.

Это значит, что каждый вид транспорта должен работать от пункта приема до пункта передачи перевозимого объекта по логистической схеме (табл. 7) «Производитель – транспортная компания 1 (ТК1) – транспортный узел 1 (ТУ1) – ТК2 – ТУ2 – ТК-*n* – получатель». Например, для авиации это логистическое звено «аэропорт вылета – авиакомпания – аэропорт прилета» необходимо рассматривать его как авиационную транспортно-логистическую систему, где участники перевозки объединены горизонтальными связями (связями партнерства), работают во взаимодействии и выполняют свои отраслевые функции в общем процессе смешанных перевозок.

**Основные проблемы транспортно-логистического комплекса**

Основными проблемами функционирования и развития транспортных систем, а также воздушного транспорта, работающего во взаимодействии с другими видами транспорта и потребителями транспортной продукции являются [1]:

1. Проблемы управления взаимодействием видов транспорта между собой и потребителями транспортных услуг, основанные на состоянии персонала, технологий обслуживания ППГ, техники, коммуникаций, энергообеспечения, экологии, безопасности, информационного, финансового и правового обеспечения.

2. Проблемы безопасности подготовки и выполнения перевозок имеют системный характер, которые требуют комплексного решения.

3.  Проблемы подготовки высококвалифицированных специалистов-транспортников системного уровня, способных решать задачи управления взаимодействия различных видов транспорта.

4. Формирование системы внедрения новой транспортной техники, технологий, механизмов взаимодействия и управления в производство должно быть основано на упреждающей (проактивной) системной подготовке летного и наземного персонала, технического и коммерческого комплексов.

Интеграция логистической деятельности требует слияния внутрипроизводственных и внешних логистических цепочек в единый **Авиационный транспортно-логистический узел (как комплекс взаимодействия систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД»).**

В результате разделения единых авиапредприятий на отдельные структуры значительно усложнилась проблема выполнения суточного плана полетов. Этому способствует и динамично меняющийся, а по сути, хаотичный процесс авиаперевозок. Если на Западе 90 % рейсов выполняется по расписанию, в аэропорту «Пулково» - 79% (2011 год), а в странах СНГ до 60%. В аэропорту «Пулково» 79% вылетов по расписанию (примерно 50000 рейсов в год), 21% вылетов с задержкой (примерно 10000 рейсов в год). Такое большое значение величины задержек говорит о том, что в процессе оперативного управления при минимизации потерь от сложившейся ситуации требуется большое количество дополнительных ресурсов. Это значит, что предприятие много тратит на содержание этого резерва или использовать существующие ресурсы с перегрузкой. В связи с разделением авиапредприятий на отдельные структуры изменились и возможности оперативного взаимодействия при решении проблемы, связанной с расписанием движения самолетов (РДС).

В связи с этим, рассмотрение проблемы эффективного взаимодействия аэропорта, авиакомпании и УВД при подготовке и выполнении перевозок как собственных, так и во взаимодействии с другими видами транспорта является актуальным и требует решения на следующих принципах:

* системности, который означает структурирование и решение проблемы вертикальными связями;
* комплексности, где взаимодействие по горизонтали определяется связями сотрудничества, партнерства, используя такие свойства больших систем, как синергия и адаптивность;
* трехмерности рассмотрения систем, подсистем и их модулей при взаимодействии;
* декомпозиции, разложения системы на подсистемы, модули и их элементы;
* эффективного сотрудничества при взаимодействии систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД» с учетом принципов маркетинга (ресурсов), менеджмента, внешней и внутренней логистики;
* единого методологического подхода при исследовании процессов взаимодействия систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД»;
* формализации процесса формирования организационных структур управления;
* непрерывной опережающей (проактивной) профессиональной, экономической, правовой и управленческой подготовки личного состава;

В связи с этим, эффективность взаимодействия систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД» зависит от свойств их элементов, обеспечивающих функционирование и развитие.

Рассмотрим работу авиационного транспортно-логистического узла при взаимодействии систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД» (рис. 8) на этапах приема, обслуживании и отправки ВС, которая состоит из четырех основных фаз авиационного производства: «Прилет-А», «Прилет-Б», «Вылет-В» и «Вылет-Г».



Рис. 8. Схема работы авиационного транспортно-логистического узла  
при приеме, обслуживании и отправки ВС.

**Фаза «Прилет-А»: Движение ВС при приеме (посадке и рулении).**

А1 – Взаимодействие аэропорта, авиакомпании и УВД при посадке ВС.

А2 – Руление и установка ВС на место стоянки.

**Фаза «Прилет-Б»: Обслуживание прилетающих пассажиров.**

Б1 – Высадка пассажиров из ВС.

Б2 – Доставка пассажиров к аэровокзалу.

Б3 – Пограничный контроль.

Б4 – Выдача багажа.

Б5 – Таможенный контроль.

Б6 – Выход прилетающих пассажиров из аэровокзала.

**Фаза «Вылет-В»: Обслуживание вылетающих пассажиров.**

В1 – Прибытие вылетающих пассажиров в аэровокзал.

В2 – Досмотр авиационной безопасности (АБ) на входе в аэровокзал.

В3 – Регистрация пассажиров и оформление багажа.

В4 – Таможенный контроль и пограничный контроль.

В5 – Предполетный досмотр АБ.

В6 – Контроль явившихся пассажиров на посадку в ВС и посадка в транспортное средство (ТС), доставляющего к МС ВС.

В7 – Доставка пассажиров к МС ВС.

В8 – Посадка пассажиров в ВС.

**Фаза «Вылет-Г»: Движение ВС по аэродрому при вылете.**

Г1 – Выпуск, руление ВС с места стоянки к месту старта.

Г2 – Старт, разбег по ВПП и взлет ВС;

Г3 – набор высоты ВС.

Таблица 8

Взаимодействие систем «АК-АП-УВД» на этапах А, Б, В, Г

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Системы взаимо-действия | Этапы взаимодействия | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Этап А | | Этап Б | | | | | | Этап В | | | | | | | | Этап Г | | |
| А1 | А2 | Б1 | Б2 | Б3 | Б4 | Б5 | Б6 | В1 | В2 | В3 | В4 | В5 | В6 | В7 | В8 | Г1 | Г2 | Г3 |
| АК | А1 | А2 | Б1 | Б2 | Б3 | Б4 | Б5 | Б6 | В1 | В2 | В3 | В4 | В5 | В6 | В7 | В8 | Г1 | Г2 | Г3 |
| АП | А1 | А2 | Б1 | Б2 | Б3 | Б4 | Б5 | Б6 | В1 | В2 | В3 | В4 | В5 | В6 | В7 | В8 | Г1 | Г2 | Г3 |
| УВД | А1 | А2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Г1 | Г2 | Г3 |

В соответствии основными понятиями общей теории систем: система, элементы, связи, свойства, структура, функции, параметры и среда взаимодействия, характеризующие строение, функционирование и развитие систем, рассмотрим методологию формирования комплекса взаимодействия систем с использованием матричных моделей.

### 2.1.2. Общая характеристика и матричная модель системы «Аэропорт»

Для рассмотрения системы, принимаем фазу «Вылет-В»: систему «Коммерческой подготовки ВС к рейсу», выполняемую по следующим этапам:

В1 – Прибытие вылетающих пассажиров в аэровокзал.

В2 – Досмотр авиационной безопасности (АБ) на входе в аэровокзал.

В3 – Регистрация пассажиров и оформление багажа.

В4 – Таможенный контроль и пограничный контроль.

В5 – Предполетный досмотр АБ.

В6 – Контроль явившихся пассажиров на посадку в ВС и посадка в транспортное средство (ТС), доставляющего к МС ВС.

В7 – Доставка пассажиров к МС ВС.

В8 – Посадка пассажиров в ВС.

Определяем следующие варианты структуризации фазы «Вылет-В»:

* Система обеспечения коммерческой подготовки ВС к рейсу включает все технологические этапы обслуживания вылетающих пассажиров от двери аэровокзала до двери ВС (рис. 8) и взаимодействие их элементов.
* Подсистему определяет каждый *п*-ый этапы рассматриваемой системы.
* Модуль представляет собой структуру взаимодействия элементов при выполнении *к*-ой операции подсистемы *п-*ого этапа и может быть рассмотрен в качестве структурной единицы.

Рассмотрим матричную модель системы коммерческой готовности ВС к рейсу с учётом взаимодействующих элементов по логистическому маршруту «от дверей аэровокзала до дверей ВС» (табл. 9).

Таблица 9

Матричная модель системы коммерческой подготовки рейса

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Элементы системы «Аэропорт»** | | **Этапы системы подготовки пассажиров к рейсу** | | | | | | | |
| В1 | В2 | В3 | В4 | В5 | В6 | В7 | В8 |
| **1** | Пассажиры | 1.1. | 2.1. | 3.1. | 4.1. | 5.1. | 6.1. | 7.1. | 8.1. |
| **2** | Технологи-ческий процесс | 1.2. | 2.2. | 3.2. | 4.2. | 5.2. | 6.2. | 7.2. | 8.2 |
| **3** | Персонал | 1.3. | 2.3 | 3.3. | 4.3. | 5.3 | 6.3. | 7.3. | 8.3 |
| **4** | Техника | 1.4. | 2.4 | 3.4. | 4.4. | 5.4 | 6.4. | 7.4. | 8.4 |
| **5** | Энергообеспе-чение | 1.5. | 2.5. | 3.5 | 4.5. | 5.5 | 6.5. | 7.5. | 8.5 |
| **6** | Коммуникации | 1.6. | 2.6 | 3.6 | 4.6. | 5.6 | 6.6. | 7.6. | 8.6 |
| **7** | Экология | 1.7. | 2.7 | 3.7. | 4.7. | 5.7 | 6.7. | 7.7. | 8.7. |
| **8** | Безопасность | 1.8. | 2.8 | 3.8. | 4.8. | 5.8 | 6.8. | 7.8. | 8.8. |

**Элемент 1.** Пассажиры системы коммерческой готовности ВС к рейсу.

Цель: обслужить пассажиров в соответствии с проданными билетами.

**Элемент 2.** Процесс обслуживания пассажиров на всех этапах в соответствии с графиком обслуживания рейса.

Цель: обслужить пассажиров в соответствии нормативным временем.

**Элемент 3.** Персонал, обслуживающий пассажиров на всех этапах.

Цель: обеспечить бесперебойную работу персонала на всех этапах.

**Элемент 4.** Вид, тип техники, оборудования средств механизации на всех этапах.

Цель: обеспечить бесперебойную работу техники, оборудования, средств механизации и других средств труда на всех этапах обслуживания пассажиров.

**Элемент 5.** Вид энергообеспечения на всех этапах.

Цель: обеспечить бесперебойную работу на этапах при освещении рабочих мест персонала, коммуникаций аэровокзала, перрона, ВПП и прочее.

**Элемент 6.** Вид и состояние коммуникаций, рабочих мест, рабочих зон на всех этапах.

Цель: обеспечить передвижение пассажиров по коммуникациям на всех этапах.

Вид коммуникации зависит от функции *п-*го технологического этапа и его операций, обеспечивающих работу техники (средств труда), персонала, системы энергообеспечения (маршрутов движения пассажиров, багажа, рабочего места персонала, техники и т.д.)

### 2.1.3. Общая характеристика и матричная модель

### системы «Авиакомпания»

Для рассмотрения системы, принимаем фазу «Вылет-Г»: систему «Движение ВС по аэродрому при вылете», выполняемую по следующим этапам:

Г1 – Руление ВС от места стоянки к месту старта.

Г2 – Старт, разбег по ВПП и взлет ВС.

Г3 – Набор ВС высоты.

Таблица 10

Матричная модель системы «Авиакомпания»

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Элементы системы «Авиакомпания»** | | **Этапы движения ВС** | | |
| Г1 | Г2 | Г3 |
| **1** | ВС, экипаж | 1.1. | 2.1. | 3.1. |
| **2** | Этапы движения ВС | 1.2. | 2.2. | 3.2. |
| **3** | Экипаж, бортпроводники | 1.3. | 2.3. | 3.3. |
| **4** | Воздушное судно | 1.4. | 2.4 | 3.4. |
| **5** | Энергообеспечение ВС и коммуникаций | 1.5. | 2.5. | 3.5. |
| **6** | Коммуникации при движении ВС | 1.6. | 2.6. | 3.6. |
| **7** | Экология при движении ВС | 1.7. | 2.7. | 3.7. |
| **8** | Безопасность при движении ВС | 1.8. | 2.8. | 3.8. |

Рассмотрим матричную модель системы «Движение ВС по аэродрому при вылете» с учётом взаимодействующих элементов на этапах движения ВС по аэродрому.

**Элемент 1.** ВС и экипаж на этапах движения по аэродрому.

Цель: подготовить ВС и экипаж и выполнить движение по аэродрому.

**Элемент 2.** Процесс движения ВС по аэродрому в соответствии с планом полётов.

Цель: Выполнить этапы движения ВС в соответствии с планом полётов.

**Элемент 3.** Экипаж, бортпроводники.

Цель: обеспечить бесперебойную работу персонала на всех этапах обслуживания ВС и пассажиров.

**Элемент 4.** Воздушное судно.

Цель: обеспечить бесперебойную работу техники, оборудования, средств механизации и других средств труда на всех этапах движения ВС по аэродрому.

**Элемент 5.** Энергообеспечение этапов.

Цель: обеспечить бесперебойную работу топливной системы, системы кондиционирования воздуха в салоне и кабине пилотов на всех этапах движения ВС по аэродрому.

**Элемент 6.** Коммуникации движения ВС.

Цель: обеспечить передвижение ВС и пассажиров по коммуникациям на всех этапах.

Вид коммуникации зависит от функции *n*-го технологического этапа и его операций, обеспечивающих работу техники (средств труда), персонала, системы энергообеспечения (маршруты движения пассажиров, багажа, энергообеспечения, рабочего места персонала, техники и т.д.).

### 2.1.4. Общая характеристика и матричная модель системы «УВД»

Для рассмотрения системы, принимаем фазу «Вылет-Г»: систему «Сопровождение движения ВС по аэродрому при вылете», выполняемую по следующим этапам:

Г1 – Сопровождение ВС по перрону от места стоянки к месту старта.

Г2 – Сопровождение ВС от старта по ВПП до взлета.

Г3 – Сопровождение ВС при наборе высоты.

Таблица 11

Матричная модель системы «УВД»

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Элементы системы «УВД»** | | **Этапы сопровождения ВС** | | |
| Г1 | Г2 | Г3 |
| **1** | ВС, экипаж | 1.1. | 2.1. | 3.1. |
| **2** | Этапы сопровождения ВС | 1.2. | 2.2. | 3.2. |
| **3** | Диспетчеры УВД | 1.3. | 2.3. | 3.3. |
| **4** | Радиотехническое оборудование | 1.4. | 2.4 | 3.4. |
| **5** | Энергообеспечение этапов | 1.5. | 2.5. | 3.5. |
| **6** | Коммуникации | 1.6. | 2.6. | 3.6. |
| **7** | Экология | 1.7. | 2.7. | 3.7. |
| **8** | Безопасность | 1.8. | 2.8. | 3.8. |

Рассмотрим матричную модель системы «Сопровождение движения ВС по аэродрому при вылете» с учётом взаимодействующих элементов на каждом этапе.

**Элемент 1.** ВС и экипаж на всех этапах движения ВС.

Цель: подготовить и сопроводить ВС и экипаж в полет.

**Элемент 2.** Процесс сопровождения ВС по аэродрому в соответствии с планом полётов.

Цель: Выполнить этапы сопровождения ВС в соответствии с планом полётов.

**Элемент 3.** Диспетчеры системы УВД.

Цель: обеспечить бесперебойную работу персонала на всех этапах обслуживания ВС.

**Элемент 4.** Радиотехническое оборудование.

Цель: обеспечить бесперебойную работу техники, радиотехнического оборудования, технических средств и других средств труда на этапах сопровождения ВС.

**Элемент 5.** Энергообеспечение этапов.

Цель: бесперебойное энергообеспечение радиотехнического оборудования на этапах сопровождения ВС.

**Элемент 6.** Коммуникации движения ВС.

Цель: обеспечить передвижение ВС по коммуникациям на всех этапах.

**Основные методологические принципы исследования комплекса «Аэропорт-Авиакомпания-УВД»**

Рассмотрим комплекс взаимодействия систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД» в соответствии с принципами системности, комплексности, трехмерности в виде трехмерной матрицы размера *I*x*N*x*J* (рис. 9).

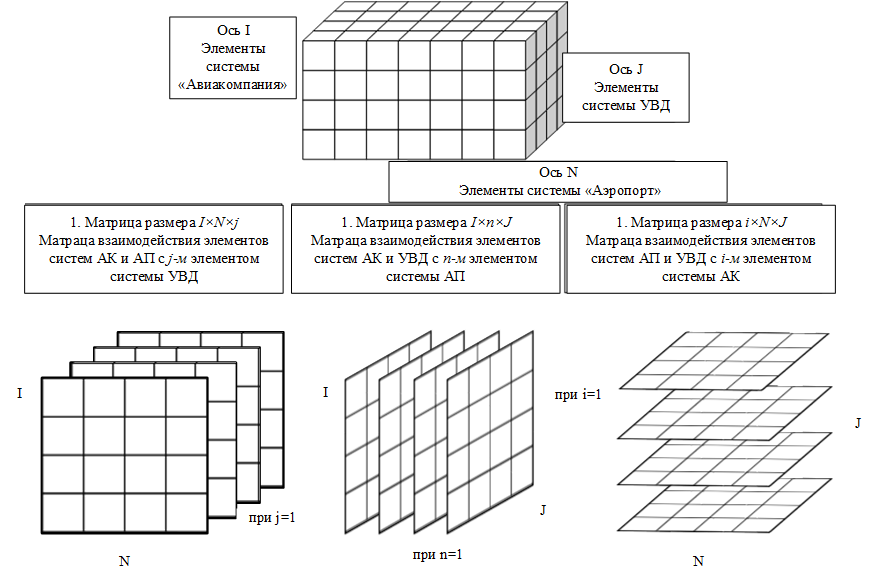


Рис. 9. Трехмерная структура комплекса взаимодействия  
систем «Авиакомпания-Аэропорт-УВД»

Ось *I* - Элементы системы «Авиакомпания».

Ось *N* - Элементы системы «Аэропорт».

Ось *J* - Элементы системы «УВД»

Параметры (свойства) элементов систем «Аэропорт» и УВД, взаимодействующие при приеме, обслуживании и выпуск ВС должны соответствовать параметрам (свойствам) ВС.

**1. Матрица размера *I×N×j*** при ****

Матраца взаимодействия элементов систем АК и АП с *j-м* элементом системы УВД

Таблица 12

Матрица оценки соответствия свойств элементов АК и АП при их  
взаимодействии с *j-м* элементом системы УВД

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элементы  взаимодействия  аэропорта и авиакомпании | | | Аэропорт (*ось N*) | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Авиакомпания (*ось I*) | 1. Объект взаимодействия |  | F111 | F112 | F113 | F114 | F115 | F116 | F117 | F118 |
| 2. Технологии взаимодействия |  | F121 | F122 | F123 | F124 | F125 | F126 | F127 | F128 |
| 3. Персонал при взаимодействии |  | F131 | F132 | F133 | F134 | F135 | F136 | F137 | F138 |
| 4.Техника взаимодействия |  | F141 | F142 | F143 | F144 | F145 | F146 | F147 | F148 |
| 5.Энергообеспечение при взаимодействии |  | F151 | F152 | F153 | F154 | F155 | F156 | F157 | F158 |
| 6. Коммуникации взаимодействия |  | F161 | F162 | F163 | F164 | F165 | F166 | F167 | F168 |
| 7. Экология |  | F171 | F172 | F173 | F174 | F175 | F176 | F177 | F178 |
| 8. Безопасность |  | F181 | F182 | F183 | F184 | F185 | F186 | F187 | F188 |

Рассмотрим для примера оценку свойств элементов взаимодействующих систем по диагонали матрицы:

F111 - оценка соответствия свойств ВС АК и аэродрома АП при их взаимодействии с *j-м* элементом системы УВД.

F122 - оценка соответствия свойств технологий обслуживания ВС при их взаимодействии с *j-м* элементом системы УВД.

F133  - оценка соответствия свойств персонала АК и персонала АП при их взаимодействии с *j-м* элементом системы УВД.

F144  - оценка соответствия свойств взаимодействие ВС АК и техники АП при их взаимодействии с *j-м* элементом системы УВД.

F155  - оценка соответствия свойств взаимодействие коммуникации АК и аэродрома АП при их взаимодействии с *j-м* элементом системы УВД.

F166  - оценка соответствия свойств взаимодействие энергообеспечения АК и энергообеспечения АП при их взаимодействии с *j-м* элементом системы УВД.

F177  **-** оценка соответствия свойств взаимодействие безопасности АК и обеспечение безопасности при их взаимодействии с *j-м* элементом системы УВД.

F188 - оценка соответствия свойств взаимодействие экологической безопасности АК и обеспечения экологической безопасности АП при их взаимодействии с *j-м* элементом системы УВД.

**2. Матрица размера *I*х *J* х *n***при ****

Матрица взаимодействия систем АК и УВД на *n-ом* этапе работы АП

Таблица 13

Матрица оценка соответствия свойств элементов АК и УВД при их  
взаимодействии во время движения ВС по аэродрому

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элементы  взаимодействия  авиакомпании и УВД | | | УВД (ось *J*) | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Авиакомпания (ось *I*) | 1. Объект взаимодействия |  | F211 | F212 | F213 | F214 | F215 | F216 | F217 | F218 |
| 2. Технологии взаимодействия |  | F221 | F222 | F223 | F224 | F225 | F226 | F227 | F228 |
| 3. Персонал при взаимодействии |  | F231 | F232 | F233 | F234 | F235 | F236 | F237 | F238 |
| 4. Техника при взаимодействии |  | F241 | F242 | F243 | F244 | F245 | F246 | F247 | F248 |
| 5. Энергообеспечение при взаимодействии |  | F251 | F252 | F253 | F254 | F255 | F256 | F257 | F258 |
| 6. Коммуникации взаимодействия |  | F261 | F262 | F263 | F264 | F265 | F266 | F267 | F268 |
| 7. Экология |  | F271 | F272 | F273 | F274 | F275 | F276 | F277 | F278 |
| 8. Безопасность |  | F281 | F282 | F283 | F284 | F285 | F286 | F287 | F288 |

Рассмотрим для примера оценку свойств элементов взаимодействующих систем по диагонали матрицы:

F211 - оценка соответствия свойств элементов АК (ВС) и системы УВД при их взаимодействии с *п-ым* элементом аэродрома АП.

F222 - оценка соответствия свойств технологий АК и системы УВД при их взаимодействии с *п-ым* элементом аэродрома АП.

F233  - оценка соответствия свойств персонала АК (экипажа ВС) и системы УВД (диспетчеров системы) при их взаимодействии с *п-ым* элементом аэродрома АП.

F244  - оценка соответствия свойств радиотехнических систем ВС АК и системы УВД при их взаимодействии с *п-ым* элементом аэродрома АП.

F255  - оценка соответствия свойств энергообеспечения ВС АК и системы УВД при их взаимодействии с *п-ым* элементом аэродрома АП.

F266  - оценка соответствия свойств коммуникации ВС АК и системы УВД при их взаимодействии с *п-ым* элементом аэродрома АП.

F277  **-** оценка соответствия свойств элементов экологической безопасности АК и системы УВД при их взаимодействии с *п-ым* элементом аэродрома АП.

F288 - оценка соответствия свойств элементов безопасности ВС АК и диспетчерских пунктов системы УВД при их взаимодействии с *п-ым* элементом аэродрома АП.

**3. Матрица размера *N*х *J* х *i***при ****

Матрица взаимодействия систем АП и УВД на *i-ом* этапе работы АК

Таблица 14

Матрица оценка соответствия свойств УВД и АП при их  
взаимодействии во время движения ВС по аэродрому

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Элементы  взаимодействия  аэропорта и УВД | | | Аэропорт (*ось N*) | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| УВД (*ось J*) | 1 Объект взаимодействия |  | F313 | F314 | F315 | F316 | F317 | F318 | F217 | F218 |
| 2 Технологии взаимодействия |  | F323 | F324 | F325 | F326 | F327 | F328 | F227 | F228 |
| 3 Персонал при взаимодействии |  | F333 | F334 | F335 | F336 | F337 | F338 | F237 | F238 |
| 4Техника при взаимодействии |  | F343 | F344 | F345 | F346 | F347 | F348 | F247 | F248 |
| 5 Энергообеспечение при взаимодействии |  | F353 | F354 | F355 | F356 | F357 | F358 | F257 | F258 |
| 6 Коммуникации взаимодействия |  | F363 | F364 | F365 | F366 | F367 | F368 | F267 | F268 |
| 7 Экология |  | F373 | F374 | F375 | F376 | F377 | F378 | F277 | F278 |
| 8 Безопасность |  | F383 | F384 | F385 | F386 | F387 | F388 | F287 | F288 |

Рассмотрим для примера оценку свойств элементов взаимодействующих систем по диагонали матрицы:

F311 - оценка соответствия свойств элементов системы УВД и аэродрома АП при их взаимодействии с *i-ым* элементом АК.

F322 - оценка соответствия свойств технологий обслуживания системы УВД и аэродрома АП при их взаимодействии с *i-ым* элементом АК.

F333  - оценка соответствия свойств персонала системы УВД и аэродрома АП при их взаимодействии с *i-ым* элементом АК.

F344  - оценка соответствия свойств техники системы УВД и аэродрома АП при их взаимодействии с *i-ым* элементом АК.

F355  - оценка соответствия свойств энергообеспечения системы УВД и аэродрома АП при их взаимодействии с *i-ым* элементом АК.

F366  - оценка соответствия свойств энергообеспечения системы УВД и аэродрома АП при их взаимодействии с *i-ым* элементом АК.

F377  **-** оценка соответствия свойств безопасности системы УВД и аэродрома АП при их взаимодействии с *i-ым* элементом АК.

F388 - оценка соответствия свойств экологической безопасности системы УВД и аэродрома АП при их взаимодействии с *i-ым* элементом АК.

Подобным образом необходимо рассматривать этапы А (прием ВС) Г (обслуживание вылетающий пассажиров), В (движение ВС на вылет).

В результате рассмотрения декомпозиции структуры транспортно-логистического комплекса до уровня авиационного отраслевого транспортно-логистического узла, как комплекса взаимодействия систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД», сформулированы основные характеристики и матричные модели каждой системы. Структура матричной модели состоит из этапов и элементов, обеспечивающих основных функций каждой из систем. Использование принципов трёхмерности позволяет рассмотреть трёхмерную матрицу взаимодействия свойств элементов систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД». Рассмотрен методологический подход формирования взаимодействующих систем с использованием трёхмерных матричных моделей.

## 2.2. Общая характеристика и матричная модель системы «Коммерческой готовности рейса»

Определяющим показателем работы авиационного транспортно-логистического узла, как комплекса взаимодействующих систем «Аэропорт-Авиакомпания-УВД» является обеспечение конкурентоспособности авиационных услуг на рынке перевозок, а также высокого уровня регулярности полетов.

Рассмотрим методологию формирования системы «Коммерческой готовности рейса» с использованием принципов системности, комплексности, декомпозиции, трехмерности рассмотрения систем, подсистем, модулей и их элементов при их взаимодействии.

### 2.2.1. Система «Коммерческой готовности рейса»

Декомпозиция системы «Коммерческой готовности рейса», включает в себя следующие варианты структуризации:

* Структуру системы «Коммерческой готовности рейса», которая включает все технологические этапы движения пассажиров от двери аэровокзала до двери ВС (рис. 10) и взаимодействие их элементов.
* Структуру подсистемы *п*-го этапа технологического процесса обслуживания пассажиров в системе «Коммерческой готовности рейса», которая состоит из взаимосвязанных и взаимодействующих элементов при выполнении *k*-ых операций в подсистеме.
* Структуру модуля *k*-ой операции *n-*го этапа, который состоит из взаимосвязанных и взаимодействующих элементов и может быть рассмотрен в качестве структурной единицы.

Результат работы на каждом этапе и операциях рассматриваемой системы обеспечивают следующие взаимосвязанные и взаимодействующие элементы:

1. Пассажиры. Элемент характеризует свойства и состояние пассажиров на каждом этапе и операции.
2. Технологический процесс. Этапы и операции на каждом этапе.
3. Персонал. Элементы на всех этапах и операциях характеризуют свойства и состояние готовности персонала выполнять свои функции.
4. Техника (средства труда). Элементы на всех этапах и операциях определяют тип, вид техники, ее свойства необходимые для выполнения операции на соответствующем этапе.
5. Энергообеспечение. Элементы на всех этапах и операциях обеспечивают требуемое количество топлива, электроэнергии, тепла и т.д. для выполнения работы.
6. Коммуникации (рабочие места). Элемент на всех этапах и операциях обеспечивает необходимые свойства коммуникаций, рабочих мест персонала, рабочих зон для техники и т.д.
7. Экология. Элемент определяет и обеспечивает требования по экологии ко всем элементам всех этапов и их операций.
8. Безопасность. Элемент определяет и обеспечивает требования по безопасности ко всем элементам всех этапов и их операций.

В связи с этим, эффективность системы «Коммерческой готовности рейса» (рис. 10) при взаимодействии систем «Аэропорт» и «Авиакомпания» зависит от свойств их элементов, обеспечивающих их функционирование и развитие.



Рис. 10. Схема работы системы «Коммерческой готовности рейса»  
при вылете воздушного судна.

В. Обслуживание вылетающих пассажиров.

В1 – Прибытие вылетающих пассажиров в аэровокзал.

В2 – Досмотр авиационной безопасности (АБ) на входе в аэровокзал.

В3 – Регистрация пассажиров и оформление багажа.

В4 – Таможенный контроль и пограничный контроль.

В5 – Предполетный досмотр АБ.

В6 – Контроль явившихся пассажиров на посадку в ВС и посадка в транспортное средство (ТС), доставляющего к МС ВС.

В7 – Доставка пассажиров к МС ВС.

В8 – Посадка пассажиров в ВС.

Таблица 15

Взаимодействие систем «АК-АП» на этапах взаимодействия

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Системы взаимодействия | Этапы взаимодействия | | | | | | | |
| Этап В | | | | | | | |
| В1 | В2 | В3 | В4 | В5 | В6 | В7 | В8 |
| АК | В1 | В2 | В3 | В4 | В5 | В6 | В7 | В8 |
| АП | В1 | В2 | В3 | В4 | В5 | В6 | В7 | В8 |

На основе результатов рассмотрения требований к системе «Коммерческой готовности рейса» декомпозируем систему на этапы и операции (табл. 16).

Таблица 16

Этапы системы подготовки пассажиров к рейсу

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Элементы системы** | | **Этапы системы «Коммерческой готовности рейса»** | | | | | | | |
|  | | | | | | | |
| 1 | Багаж | 1.1. | 2.1. | 3.1. | 4.1. | 5.1. | 6.1. | 7.1. | 8.1. |
| 2 | Технологический процесс | 1.2. | 2.2. | 3.2. | 4.2. | 5.2. | 6.2. | 7.2. | 8.2. |
| 3 | Персонал | 1.3. | 2.3 | 3.3. | 4.3. | 5.3 | 6.3. | 7.3. | 8.3. |
| 4 | Техника | 1.4. | 2.4 | 3.4. | 4.4. | 5.4 | 6.4. | 7.4. | 8.4. |
| 5 | Энергообеспечение | 1.5. | 2.5. | 3.5 | 4.5. | 5.5 | 6.5. | 7.5. | 8.5. |
| 6 | Коммуникации | 1.6. | 2.6 | 3.6 | 4.6. | 5.6 | 6.6. | 7.6. | 8.6. |
| 7 | Экология | 1.7. | 2.7 | 3.7. | 4.7. | 5.7 | 6.7. | 7.7. | 8.7. |
| 8 | Безопасность | 1.8. | 2.8 | 3.8. | 4.8. | 5.8 | 6.8. | 7.8. | 8.8. |

*Этапы и операции подготовки пассажиров к рейсу:*

1. Прибытие пассажиров в аэропорт
2. Досмотр службой АБ на входе в аэровокзал:
   1. Вход в зону досмотра, получение информации о процедуре прохождения пункта досмотра
   2. Досмотр личных вещей.
   3. Досмотр пассажира.
   4. Выход из зоны.
3. Прохождение пассажирами регистрации и оформление багажа:
   1. Вход в зону регистрации.
   2. Обмен информацией, предъявление документов удостоверяющих личность и билета.
   3. Взвешивание багажа и ручной клади.
   4. Внесение данных в систему регистрации.
   5. Распечатка посадочного талона, багажной бирки и оформление багажа.
   6. Выдача посадочного талона, бирки на багаж, документов удостоверяющих личность и билета.
   7. Выход из зоны.
4. Прохождение пассажирами таможенного и пограничного контроля:
   1. Прохождение таможенного контроля.
   2. Прохождение пограничного контроля.
5. Прохождение пассажирами предполетного досмотра АБ:
   1. Вход в зону досмотра, сверка посадочного талона с документом удостоверяющего личность пассажира, получение информации о процедуре прохождения пункта досмотра.
   2. Досмотр личных вещей.
   3. Досмотр пассажира.
   4. Выход из зоны.
6. Прохождение контроля явившихся пассажиров на посадку в ВС и посадка в ТС, доставляющего к МС ВС:
   1. Объявление о начале посадки;
   2. Контроль (сканирование штрих кода с посадочных талонов) явившихся пассажиров на посадку.
   3. Посадка пассажиров автобус.
   4. Распечатка документов, требуемых для передачи на борт экипажу.
7. Доставка пассажиров к месту стоянки ВС:
   1. Контроль явившихся пассажиров.
   2. Посадка в автобус.
   3. Транспортировка пассажиров до места стоянки ВС.
   4. Высадка из автобуса.
8. Посадка пассажиров в ВС:
   1. Подъем по трапу.
   2. Рассадка в салоне ВС.

### 2.2.2. Общая характеристика и матричная модель n-ой подсистемы системы «Коммерческой готовности рейса»

Подсистема «Доставка пассажиров до места стоянки ВС»

В результате декомпозиции системы «Коммерческой готовности рейса» на этапы выделяем этап 7 «Доставка пассажиров до места стоянки ВС» и рассматриваем основные операции этапа:

**Этап 7.** Доставка пассажиров к месту стоянки ВС:

* 1. Контроль явившихся пассажиров.
  2. Посадка в автобус.
  3. *Транспортировка пассажиров до места стоянки ВС.*
  4. Высадка из автобуса.

Таблица 17

Матричная модель подсистемы «Доставка пассажиров к месту стоянки ВС»

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Элементы подсистемы** | | **Операции подсистемы (этапа 7)** | | | | Параметры |
| 7.1 | 7.2 | 7.3 | 7.4 |
| 1 | Пассажиры | 7.1.1 | 7.2.1 | 7.3.1 | 7.4.1 | *Nпасс*, *чел* (груз, *m, т*) |
| 2 | Технологический процесс (пропускная способность этапов) | 7.1.2 | 7.2.2 | 7.3.2 | 7.4.2 | *t, сек, мин* |
| 3 | Персонал обслуживания | 7.1.3 | 7.2.3 | 7.3.3 | 7.4.3 | *Qп*, *чел* |
| 4 | Автобус:   * пассажиро-вместимость, * количество автобусов, * расход топлива | 7.1.4 | 7.2.4 | 7.3.4 | 7.4.4 | *Qтх*, *ед*  *Rт, л/100км*  *Nдв* |
| 5 | Энергообеспечение этапа (автобуса, перрона) | 7.1.5 | 7.2.5 | 7.3.5. | 7.4.5 | *Qэн*, *л, т, кВт и т.д.* |
| 6 | Коммуникации | 7.1.6 | 7.2.6 | 7.3.6 | 7.4.6 | *L,м, км* |
| 7 | Экология | 7.1.7 | 7.2.7 | 7.3.7 | 7.4.7 | *Euro-3* |
| 8 | Безопасность | 7.1.8 | 7.2.8 | 7.3.8 | 7.4.8 |  |

Начальные условия рассмотрения элементов матрицы этапа 7 «Доставка пассажиров к месту стоянки ВС»:

1. Количество пассажиров (количество кресел в ВС) -  *Nпасс, чел.*

2. Общее время доставки пассажиров по всем операциям

*tп= tк+tпа+tтр+tва,*

где *tк* – время контроля явившихся пассажиров, *сек;*

*tпа* – время посадки в автобус, *сек;*

*tва*– время высадки из автобуса, *сек;*

*tтр* – время транспортировки до места стоянки ВС, *сек;*

Определение времени контроля:

*tк =Nпасс \* qк ,*

где *qк* – пропускная способность пункта контроля явившихся пассажиров, *сек/пасс*

Определение времени транспортировки до места стоянки ВС:

*tтр = Lп/Vп,*

где *Vп* – скорость автобуса по перрону, *км/ч*;

*Lп* – расстояние от выхода на посадку до места стоянки ВС, *м*.

3. Количество персонала - *Qп = Qпа+ Qпв,*

где *Qпа* – агенты по посадке, *чел;*

*Qпв* – водители автобусов, *чел;*

4.Количество автобусов - *Qавт*

где *Qавт* – количество автобусов, *ед;*

*Qавт, = Nпасс : qПВ,*

где *Nпасс* – количество пассажиров на рейс, *чел*;

*qПВ* –пассажировместимость автобуса, *чел/авт.*

5. Количество топлива для автобуса *Qт = Rавтоб. \* Lмарш,*

где *Rавтоб.* – расход топлива, *л/100км;*

*Lмарш* – расстояние от выхода на посадку до места стоянки, *м*;

6. Характеристика маршрута (коммуникаций) движения автобуса от дверей аэровокзала до ВС.

**Модуль «Транспортировка пассажиров до места стоянки ВС»**

В результате декомпозиции подсистемы этапа 7 на модули примем для рассмотрения модуль 7.3:

Таблица 18

Матрица модуля 7.3 операции  
«Транспортировка пассажиров до места стоянки ВС»

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Элементы модуля 7.3 (операции)** | | Операция 7.3. | Определение основных свойств элементов операции 7.3 |
| 1 | Пассажиры рейса | 7.3.1 | *Nпасс*; *Gпасс*; *Nрк*; *KL*; *VZ*; *ZD;* *TP*. |
| 2 | Операция доставки пассажиров | 7.3.2 | *tтр*; *Lп*; *Vп*; *.* |
| 3 | Персонал автобуса | 7.3.3 | *Mперс*; *Nперс*; *mперс*; *Uперс. проф.*; *Uперс. зд.*; *Uкульт.*. |
| 4 | Автобус:   * количество автобусов, * пассажиро-вместимость, * расход топлива | 7.3.4 | ; ; ; *Rавтоб.*;; ; . |
| 5 | Энергообеспечение автобуса, перрона и т.д. | 7.3.5. | ; *Этопл.*; *Ээл.*; ; . |
| 6 | Коммуникации | 7.3.6 | ; ; *Lп*; *Hполос*; *Uинф.*; *Uосвещ.* |
| 7 | Экология | 7.3.7 | ; ; ; ; ; . |
| 8 | Безопасность | 7.3.8 | ; ; ; ; ; . |

### 2.2.3. Определение основных свойств элементов k-го модуля n-ой подсистемы системы «Коммерческой готовности рейса»

Определение основных свойств каждого элемента при взаимодействии в модуле 7.3. «Доставка пассажиров автобусом от терминала до ВС».

Основные свойства элементов модуля 7.3:

7.3.1. Основные свойства пассажиров (объекта обслуживания):

*Nпасс* – количество пассажиров;

*Gпасс* – масса одного пассажира;

*Nрк* – наличие ручной клади (нет багажа);

*KL* – класс пассажиров;

*VZ –* возраст пассажиров;

*ZD* – состояние здоровья (способность самостоятельно передвигаться, возраст);

*TP* – тип пассажира (транзитный или трансферный).

7.3.2. Основные свойства операции доставки пассажиров (процесс):

*tтр* – время транспортировки пассажиров по перрону до места стоянки ВС;

*Lп* – расстояние от аэровокзала до места стоянки ВС;

*Vп* – скорость автобуса по перрону;

 – коэффициент использования скорости*.*

7.3.3. Основные свойства персонала при выполнении операции:

*Mперс* – масса персонала при выполнение операции;

*Nперс* – количество персонала (водителей);

*mперс* – масса одного персонала (водителя);

*Uперс. проф.* – уровень профессиональной подготовки персонала при выполнении операции;

*Uперс. зд.* – необходимый уровень здоровья персонала;

*Uкульт.* – уровень коммуникабельности персонала (водителя) при обслуживании пассажиров в операции (культура общения с пассажирами и сотрудниками).

7.3.4. Основные свойства автобуса при выполнении операции:

 – масса полного автобуса;

 – масса пустого автобуса (без пассажиров, то топлива и водителя);

 – производительность автобуса (пассажировместимость);

*Rавтоб.* – удельный расход топлива;

 – уровень комфорта автобусов при выполнении операции;

 – необходимый уровень обеспечения безопасности при движении автобуса;

 – необходимый уровень экологии при движении автобуса.

7.3.5. Основные свойства энергообеспечения при выполнении операции:

 – масса топлива в баке автобуса при выполнении рейса;

*Этопл.* – объем необходимого топлива в баке автобуса при выполнении рейса;

*Ээл.* – электросветотехническое обеспечение перрона;

 – энергопотребление одной ламы в течении одного часа работы;

 – количество ламп (электросветотехническое обеспечение перрона).

7.3.6. Основные свойства коммуникаций в процессе транспортировки пассажиров по перрону (коммуникации):

 – площадь трассы по маршруту движения автобуса по перрону до места стоянки ВС;

 – производительность коммуникаций;

*Lп* – длина маршрута по перрону до места стоянки ВС;

*Hполос* – ширина полос;

*Uинф.* – уровень информативности дорожных знаков;

*Uосвещ.* – осветительные установки.

7.3.7. Основные свойства мероприятий по экологической безопасности всех элементов при выполнении операции:

 – необходимый уровень экологической безопасности пассажиров;

 – необходимый уровень экологической безопасности выполнения операции;

 – необходимый уровень экологической безопасной эксплуатации автобуса (уровень выбросов СО2);

*.* – необходимый уровень экологической безопасной работы водителя автобуса;

 – необходимый уровень экологической безопасной эксплуатации энергообеспечения операции (электроосвещение, топливо и т.д.);

 – необходимый уровень экологической безопасной подготовки и эксплуатации коммуникаций (уборка перрона от снега, грязи и пр.).

7.3.8. Основные свойства мероприятий по безопасности всех элементов при выполнения операции:

 – необходимый уровень безопасности пассажиров;

 – необходимый уровень безопасности выполнения операции;

 – необходимый уровень безопасности эксплуатации автобуса;

 – необходимый уровень безопасности работы персонала (необходимый уровень охраны труда при выполнении операции);

 – необходимый уровень безопасности эксплуатации энергообеспечения операции (нормы освещения перрона в различное время суток, нормативное состояние автономных источников электроэнергии.);

 – необходимый уровень безопасности подготовки и эксплуатации коммуникаций (уборка перрона от снега, грязи и пр.).

### 2.2.4. Разработка математической модели k-го модуля n-ой подсистемы системы «Коммерческой готовности рейса» при построении матрицы взаимодействия свойств элементов

Матрица взаимодействия элементов операции 7.3 этапа 7 «Транспортировка до места стоянки ВС» представлена в таблице 19.

Таблица 19

Матрица взаимодействия элементов операции 7.3  
этапа 7 «Транспортировка пассажиров до места стоянки ВС».

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Элементы модуля 7.3 (операции)** | | Параметры | **Элементы модуля 7.3 (операции)** | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Пассажиры | *Nпасс*, *Gпасс*, *Nрк*, *KL*; *VZ*; *ZD;* *TP*. | 7.3.1.1 | 7.3.2.1 | 7.3.3.1 | 7.3.4.1 | 7.3.5.1 | 7.3.6.1 | 7.3.7.1 | 7.3.8.1 |
| 2 | Операция доставки пассажиров к ВС | *tтр*; *Lп*; *Vп*; *.* | 7.3.1.2 | 7.3.2.2 | 7.3.3.2 | 7.3.4.2 | 7.3.5.2 | 7.3.6.2 | 7.3.7.2 | 7.3.8.2 |
| 3 | Персонал автобуса | *Mперс*; *Nперс*; *mперс*; | 7.3.1.3 | 7.3.2.3 | 7.3.3.3 | 7.3.4.2 | 7.3.5.3 | 7.3.6.2 | 7.3.7.2 | 7.3.8.3 |
| 4 | Автобус:   * пассажиро-вместимость, * количество автобусов, * расход топлива | ; ; ; *Rавтоб.*; | 7.3.1.4 | 7.3.2.4 | 7.3.3.4 | 7.3.4.4 | 7.3.5.4 | 7.3.6.2 | 7.3.7.2 | 7.3.8.4 |
| 5 | Энергообеспечение исполнителей (автобуса, перрона) | ; *Этопл.*; *Ээл.*; ; | 7.3.1.5 | 7.3.2.5 | 7.3.3.5 | 7.3.4.5 | 7.3.5.5 | 7.3.6.2 | 7.3.7.2 | 7.3.8.5 |
| 6 | Коммуникации | ; ; *Lп*; *Hполос*; *Uинф.*; *Uосвещ.* | 7.3.1.6 | 7.3.2.6 | 7.3.3.6 | 7.3.4.6 | 7.3.5.6 | 7.3.6.6 | 7.3.7.2 | 7.3.8.6 |
| 7 | Экология | ; ; ; ; ; . | 7.3.1.7 | 7.3.2.7 | 7.3.3.7 | 7.3.4.7 | 7.3.5.7 | 7.3.6.7 | 7.3.7.7 | 7.3.8.7 |
| 8 | Безопасность | ; ; ; ; ; . | 7.3.1.8 | 7.3.2.8 | 7.3.3.8 | 7.3.4.8 | 7.3.5.8 | 7.3.6.8 | 7.3.7.8 | 7.3.8.8 |

**Операция 7.3 «Транспортировка пассажиров до места стоянки ВС».**

Начальные условия рассмотрения матрицы взаимодействия элементов, обеспечивающих выполнение операции 7.3. «Транспортировка пассажиров до места стоянки ВС»:

**1. Характеристика свойств элемента 7.3.1. «Пассажиры».**

* Количественные свойства пассажиров:

Масса пассажиров

*Mпасс* = *Nпасс mпасс + Nпасс mрк*

где *Mпасс* – масса пассажиров, *кг*;

*Nпасс* – количество пассажиров, *пасс*;

*mпасс* – масса одного пассажира, *кг/пасс*;

*mрк* – масса ручной клади (нет багажа), *кг/пасс*.

Количество пассажиров



где *Nкр* – количество кресел в ВС (тип ВС на рейс), *пасс*;

*kкз* – коэффициент коммерческой загрузки ВС.

* Качественные свойства пассажиров опишем кортежем:



где *KL* – класс пассажиров;

*VZ –* возраст пассажиров;

*ZD* – состояние здоровья (способность самостоятельно передвигаться, возраст).

*TP* – тип пассажира (транзитный или трансферный).

**2. Характеристика свойств элемента 7.3.2. «Время на операцию транспортировки пассажиров до места стоянки ВС».**

Время движения автобуса по перрону до места стоянки ВС

**,

где *tтр* – время транспортировки пассажиров по перрону до места стоянки ВС, *мин*;

*Lп* – расстояние от аэровокзала до места стоянки ВС*, км.*

*Vп* – скорость автобуса по перрону (допустимая *Vп*=20 *км/ч*), *км/ч.*

 – коэффициент использования скорости*.*

**3. Характеристика свойств элемента 7.3.3. «Персонал автобуса».**

* Количественные свойства персонала:

Масса персонала

*Mперс* = *Nперс mперс*

где *Nперс* – количество персонала (водителей, сопровождающих), *чел*;

*mперс* – масса персонала, *кг/чел*;

* Качественные свойства персонала можно описать кортежем:

Коэффициент качественных свойств персонала (водителя автобуса)



где *Uперс. проф.* - уровень профессиональной подготовки персонала при выполнении операции,

*Uперс. зд.* - необходимый уровень здоровья персонала,

*Uкульт.* - уровень коммуникабельности персонала при обслуживании пассажиров в операции (культура общения с пассажирами и сотрудниками);

**4. Характеристика свойств элемента 7.3.4. «Технические ресурсы (автобус)»**

* Количественные свойства технических ресурсов (автобуса):

Полная масса автобуса

**

где - масса пустого автобуса (без пассажиров, топлива и персонала), *кг*;

 - масса топлива, *кг*;

Количество технических ресурсов (автобусов), необходимых для транспортировки пассажиров в требуемое время:

**

где – количество предмета труда (пассажиров), *пасс*;

 – производительность автобуса, ;

*tтр* – время транспортировки пассажиров в автобусе по перрону, *мин*,

** – коэффициент технических ресурсов (автобусов), определяется определением качественных свойств технических ресурсов (автобусов).

* Качественные свойства технических ресурсов (автобусов) опишем кортежем:



где - уровень комфорта автобусов при выполнении операции;

 - необходимый уровень обеспечения безопасности при движении автобуса;

 - необходимый уровень экологии при движении автобуса;

**5. Характеристика свойств элемента 7.3.5. «Энергообеспечение операции»**

Масса топлива в баке автобуса при выполнении рейса

*,*

где – объем необходимого топлива в баке автобуса при выполнении рейса, *л*;

 – удельная масса топлива ()

*,*

где – удельный расход топлива двигателя автобуса, *л/100км;*

Количество электроэнергии для освещения перрона *Ээл.*



где – расход электроэнергии одной лампы в час, *кВт ч/лампы*,

 – количество ламп (электросветотехническое обеспечение аэродрома), *ламп*,

**6. Характеристика свойств элемента 7.3.6. «Коммуникации»**

* Количественные свойства коммуникаций (перрона) при движения автобуса от дверей аэровокзала до ВС.

Расчёт площади перрона при транспортировки пассажиров от дверей аэровокзала до места стоянки ВС, производим по формуле



где – площадь трассы по маршруту движения автобуса по перрону до места стоянки ВС, *км2*;

 – производительность коммуникаций, .

Площадь коммуникаций рассчитывается по формуле:



где *Lп* – длина маршрута по перрону до места стоянки ВС, *км*;

*Hполос* – ширина полосы по нормативу, *м*.

* Качественные свойства коммуникаций (перрона) при движении автобуса от дверей аэровокзала до места стоянки ВС опишем кортежем



*.* – уровень информативности дорожных знаков,

 – осветительные установки.

**7. Характеристика свойств элемента 7.3.7. «Экология»**

Ограничения свойств элементов процесса транспортировки по уровню экологии опишем кортежем



 - необходимый уровень экологической безопасности пассажиров,

 - необходимый уровень экологической безопасности выполнения операции,

 - необходимый уровень экологической безопасной эксплуатации автобуса (уровень выбросов СО2),

*.* - необходимый уровень экологической безопасной работы водителя автобуса,

 - необходимый уровень экологической безопасной эксплуатации энергообеспечения операции (электроосвещение, топливо и т.д.),

 - необходимый уровень экологической безопасной подготовки и эксплуатации коммуникаций (уборка перрона от снега, грязи и пр.).

**8. Характеристика свойств элемента 7.3.7. «Безопасность»**

Ограничения свойств элементов процесса транспортировки по уровню безопасности опишем кортежем:



 - необходимый уровень безопасности пассажиров,

 - необходимый уровень безопасности выполнения операции,

 - необходимый уровень безопасности эксплуатации автобуса,

 - необходимый уровень безопасности работы персонала (необходимый уровень охраны труда при выполнении операции),

 - необходимый уровень безопасности эксплуатации энергообеспечения операции (нормы освещения перрона в различное время суток, нормативное состояние автономных источников электроэнергии.),

 - необходимый уровень безопасности подготовки и эксплуатации коммуникаций (уборка перрона от снега, грязи и пр.).

Таким образом, в результате рассмотрения матрицы взаимодействия элементов, обеспечивающих выполнение операции 7.3. «Транспортировка пассажиров до места стоянки ВС» можно сформировать математическую модель расчёта времени операции в зависимости от свойств (параметров) рассмотренных выше элементов модуля взаимосвязанных и взаимодействующих между собой в условиях ограничений по экологическим нормам и требованиям безопасности



Подобным образом необходимо выполнить расчёт рабочего времени каждого модуля и по всем этапам в зависимости от свойств их элементов. Тогда величина времени выполнения операции и этапов на протяжении всей регистрации пассажиров в соответствии с планом подготовки рейса можно рассчитать по формуле

**, где , 

где *n* – количество этапов в системе «Коммерческая готовность рейса»*.*

*k* *–* количество операций (модулей) в этапе системы*.*

Следующий этап рассмотрения системы связан с оценкой объема и стоимости необходимых ресурсов, оценкой эффективности результата их использования при выполнении операций и этапов всей системы.

## 2.3. Исследование системы «Коммерческой готовности рейса» с учетом воздействия возмущающих факторов различной природы.

Дальнейшее рассмотрение связано с исследованием систем, подсистем этапов и модулей операций с учётом возмущающих факторов на всех этапах и операциях:

1. Построение матричной модели системы и декомпозиция ее до модуля операции и выполняющих ее элементов. Определение факторов, влияющих на состояние каждого элемента модуля и выполняемую операцию.

2. Экспертная оценка возможной величины отклонения выбранной величины параметров каждого элемента и влияние их на величину задержки времени операции.

3. Определение величины потерь объемных показателей элементов необходимых для выполнения операции с учётом факторов по каждому элементу.

4. Определение величины финансовых затрат на выполнение операции с учетом дополнительных затрат.

5. Оценка эффективности работы операции (модуля).

В результате рассмотрения методологии формирования системы «Коммерческой готовности воздушного судна к рейсу», разработаны предложения по формированию математической модели оценки эффективности ее элементов, формированию системы взаимодействия элементов рассматриваемой системы, подсистем ее этапов и модулей выполняемых операций. Разработана методология анализа и синтеза рассматриваемых систем на новых принципах с учётом неопределённости факторов их взаимодействии.

**Задание на контрольную работу**

1. **Выбор и рассмотрение системы «ХХХ»**
   1. Выбор системы «ХХХ»

* Выбор системы для рассмотрения (в соответствии с уровнем иерархии предприятия).
* Декомпозиция выбранной системы на подсистемы и модули подсистем.
* Определение назначения и цели системы «ХХХ»
* Формирование матричной модели системы «ХХХ».
* Определить этапы (*п=1 – N*) выполнения основного процесса выбранной системы.
* Определить элементы системы по столбцу (*i=*1 по 8).
* Определить каждую ячейку *i-го* элемента Х*пi* *n-го* этапа процесса системы, дать наименование ячейки, например:

- по строке: 1.1, 2.1. 3.1., и т.д.;

- по столбцу: 1.1, 1.2., 1.3. и т.д.

* 1. Рассмотрение подсистемы *п-го* этапа системы «ХХХ»
* Выбор подсистемы *п-го* этапа для рассмотрения.
* Определение назначения и цели подсистемы.
* Формирование матричной модели подсистемы, ее операций и элементов.
* Определить операции (*k=1 – K*) выполнения *п-го* этапа основного процесса выбранной системы.
* Определить элементы системы по столбцу (*i=*1 по 8).
* Определить каждую ячейку *i-го* элемента Х*пki* *n-го* этапа процесса системы, дать наименование ячейки, например:

- по строке: *п.k*.1, *п.k*.1,. *п.k*.1,и т.д.;

- по столбцу: *п.k*.1, *п.k*.2, *п.k*.3, и т.д.

* 1. Рассмотрение модуля *k-ой* операции *п-го* этапа системы «ХХХ»
* Выбор модуля *k-ой* операции *п-го* этапа.
* Определение назначения и цели модуля.
* Формирование матричной модели операции и элементов, выполняющих эту операцию.
* Определить и описать *i-ый* элемент Х*пki* модуля *k-ой* операции *п-го* этапа процесса
* Определить свойства элементов выбранной *k-ой* операции и их параметры (их нормативное значение) и единицы измерения.
* Разработать матрицу взаимодействия свойств элементов модуля и их параметров между собой на этапах работы рассматриваемой системы
  1. Разработка математической модели *k-ой* операции *п-го* этапа.
* Определить аналитические выражения для каждого элемента модуля в каждой ячейке.
* Определить взаимосвязь свойств и параметров элементов, выполняющих выбранную операцию.
* Разработать математическую модель *k-ой* операции *п-го* этапа.
* Расчет времени выполнения *k-ой* операции *п-го* этапа с учетом свойств участвующих в операции элементов.
* Расчет требуемого объема элементов, участвующих в операции.
* Расчет стоимости элементов, участвующих при выполнении операции.
* Расчет дохода от проданных билетов (перевозимого груза).
* Расчет затрат на персонал выполняющий операцию.
* Расчет затрат на технические средства выполняющие операцию.
* Расчет затрат на энергообеспечение исполнителей операции.
* Расчет затрат на коммуникации, рабочие зоны и места.
* Расчет затрат на экологическую безопасность.
* Расчет затрат на комплексную безопасность выполнения операции.
* Расчет финансового результата за расчетное время.
* Выбор критерия оценки эффективности работы модуля на рассматриваемой операции и оценка результатов расчета (без учета возмущений).
* Оценка результатов выполненной работы.
  1. Разработка математической модели оценки эффективности выбранной системы «ХХХ».

Разработка (синтез) математической модели оценки эффективности выбранной системы выполняется по следующему алгоритму:

* Разработка математической модели всехопераций каждого этапа. Предварительно необходимо оценить и выбрать элементы наиболее существенно влияющие на операции в каждом этапе.
* Расчет времени выполнения всего производственного процесса всех операций каждого этапа с учетом свойств участвующих в операциях элементов.
* Расчет требуемого объема элементов, участвующих во всех операциях каждого этапа.
* Расчет стоимости элементов, участвующих во всех операциях каждого этапа.
* Расчет дохода от проданных билетов (перевозимого груза).
* Расчет затрат на персонал выполняющий операции всего производственного процесса.
* Расчет затрат на технические средства выполняющие операции всего производственного процесса.
* Расчет затрат на энергообеспечение исполнителей операций всего производственного процесса..
* Расчет затрат на коммуникации, рабочие зоны и места.
* Расчет затрат на экологическую безопасность всего производственного процесса.
* Расчет затрат на комплексную безопасность всего производственного процесса.
* Расчет финансового результата за расчетное время подготовки рейса.
* Выбор критерия оценки эффективности работы системы «ХХХ» при подготовке рейса и оценка результатов расчета (без учета возмущений).
* Оценка результатов выполненной работы.

1. **Исследование системы «Коммерческой готовности рейса» с учетом воздействия возмущающих факторов различной природы (внутренних и внешних).**
   1. Определение факторов, влияющих на состояние свойств элементов модуля и выполняемую операцию. Запись их в соответствии с номерами ячеек элементов в матрице модуля.
   2. Диагностика системы, исследования каждого из элементов и системы в целом для выявления "узких мест".
   3. Экспертная оценка возможной величины отклонения запланированной величины параметров элементов и влияние их на величину задержки времени операции, а также запись их в соответствии с номером ячейки.
   4. Определение величины потерь объемных показателей элементов необходимых для выполнения операции.
   5. Определение величины финансовых затрат на выполнение операции в результате влияния факторов различной природы.
   6. Определение величины дохода и прибыли за выполнение операции, выбранного модуля.
   7. Оценка эффективности работы модуля (авиакомпании, аэропорта и УВД).
   8. Дать предложения по улучшению рассматриваемых технологических операций системы, по минимизации времени за счет использования предлагаемых мер (замена оборудования, техники, внедрение новых информационных технологий и т.д.).
   9. Проведение производственного эксперимента в период прохождения практики (ЛЕТОМ) и уточнение экспертной оценки.

**Литература**

**а) основная литература**:

1. Бабицкий В.В. Планирование эксперимента: учебно-методическое пособие по проведению инженерных экспериментов и обработке полученных результатов / В. В. Бабицкий, Я. Н. Ковалев, В. Д. Якимович. – Мн.: БНТУ, 2003. – 48 с.
2. Герасимов, И. Г. Структура научного исследования / И. Г. Герасимов. – М.: Мысль, 1985.– 217 с.
3. Демченко, И. И. Основы научных исследований: учеб. пособие / И. И. Демченко. – Красноярск: КГТУ, 2003. – 171 с.
4. Котарбиньский, Т. Элементы теории познания, формальной логики и методологии наук / Т. Котарбиньский. – Биробиджан, 2000. – 160 с.
5. Купцов, В. И. Природа научных открытий / В. И. Купцов, К. Х. Делокаров, Б. Я. Пахомов. – М.: Наука, 1986. – 303 с.
6. Огрызков, Е. П. Основы научных исследований с обработкой результатов на ЭВМ / Е. П.Огрызков, В.Е.Огрызков. – Омск: ОмГАУ, 1996. – 122 с.
7. Папковская, П. Я. Методология научных исследований: курс лекций / П. Я. Папковская – Мн.: ООО «Информпресс», 2002. – 176 с.
8. Рузавин, Г. И. Методология научного исследования: учеб. пособие для вузов / Г. И. Рузавин. – М.: ЮНИТИ, 1999. – 316 с.
9. Рыжов, Э. В. Математические методы в технологических исследованиях / Э. В. Рыжов, О. А. Горленко. – Киев: Наук. думка, 1990. – 184 с.
10. «Об утверждении Методики расчета технической возможности аэропортов и Порядка применения Методики расчета технической возможности аэропортов»: Приказ Минтранса РФ от 24 февраля 2011г. №63.
11. Ведомственные нормы технологического проектирования аэропортов гражданской авиации (ВНТП I-85/МГА). 1986.
12. Ведомственные нормы технологического проектирования грузовых комплексов аэропортов (ВНТП 5-85/МГА). 1986.
13. Руководство по обеспечению и учету регулярности полетов воздушных судов гражданской авиации СССР (РРП-90). Утверждено Приказом Министерства гражданской авиации СССР от 10 января 1990 г. №6.
14. ГОСТ Р 51004-96 Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества.
15. ГОСТ Р 51005-96 Услуги транспортные. Грузовые перевозки. Номенклатура показателей качества.
16. Пособие по проектированию аэропортов (к ВНТП I-85/МГА). 1988.
17. Пособие по проектированию аэровокзальных комплексов аэропортов (к СНиП II-85-80 «Вокзалы»). Часть I. Аэровокзальные комплексы аэропортов воздушных трасс СССР. 1988.
18. Пособие по проектированию аэровокзальных комплексов аэропортов (к СНиП II-85-80 «Вокзалы»). Часть II. Аэровокзальные комплексы международных аэропортов. 1988.
19. Пособие по проектированию грузовых комплексов аэропортов (к ВНТП 5-85/МГА). 1986.
20. Рекомендуемые нормы оснащенности аэропортов спецавтотранспортом для эксплуатационного содержания аэродромов, технического и коммерческого обслуживания воздушных судов: Утверждены Росавиацией 20 декабря 2012г.
21. Андронов А.М., Хижняк А.Н. Математические методы планирования и управления производственно-хозяйственной деятельностью предприятий гражданской авиации. – М.: Транспорт, 1977.- 215с.
22. Ашфорд Н., Стентон. Х.П., Мир К.А. Функционирование аэропорта / М, транспорт, 1991. - 372 с.
23. Ашфорд Н., Райт И.Х. Проектирование аэропортов/Пер. с англ. А.П. Степушин / М.: Транспорт, 1988. - 328 с.
24. Бабаскин В.В., Королькова М.А., Чепига В.Е. Эффективность воздушного транспорта: Учебное пособие для вузов / СПб: ГУГА, 2007. - 128с.
25. Беленький А.С. Исследование операций в транспортных системах: идеи и схемы методов оптимизации планирования.- М.: Мир, 1992.
26. Голубев И.С., Сакач Р.В., Логинов Е.Л., Пинаев Е.Г. Исследование операций в гражданской авиации. – М.: Транспорт, 1980. – 256с.
27. Горлач Л.В. Технологические процессы в авиапредприятиях: Учебное пособие / СПб: АГА, 1995. - 116с.
28. Гражданские аэродромы / Под ред. проф. В.Н. Иванова. - М.: Воздушный транспорт, 2005. - 277с.
29. Дёшин В.П., Ерыкалов С.Н., Кузьмина Н.М. и др. Практические аспекты эксплуатации воздушных линий: Учебное пособие. Под общей ред. Ю.М. Григорьева. – 4-е издание, испр. и доп. – М.: НОЧУ СПО «Авиашкола Аэрофлота», 2013. – 394 с.
30. Зайцев Е.Н. Синтез комплексной системы управления смешанными перевозками. – Университет ГА. СПб., 2005.- 198с.
31. Ильина Е.Н. Менеджмент транспортных услуг: индустрия авиаперевозок: Учебник утв. Научно-методическим советом РМАТ / М.: Сов. спорт, 2005. - 176с.
32. Канарчук В.Е., Чигринец А.Д. Механизация технологических процессов в аэропортах / М.: Транспорт, 1986. – 254с.
33. Костромина Е.В. Экономика авиакомпаний в условиях рынка / 3-е изд., доп. - М.: Авиабизнес, 2010. - 304с.
34. Крыжановский Г.А., Шашкин В.В. Управление транспортными системами. – С.-Пб.: Международная Академия транспорта, 1998.- 163с.
35. Крыжановский Г.А., Шашкин В.В. Управление транспортными системами. Часть 2. – С.-Пб.: СПГУВК, 1999.- 271с.
36. Крыжановский Г.А., Шашкин В.В. Управление транспортными системами. Часть 3.– С.-Пб.: «Северная звезда», Издательство Санкт-Петербургского общественного «Фонда культуры и образования», 2001.- 224с.
37. Палагин Ю.И., Семенюта А.А., Тарамыко А.Е. Оптимизация транспортных процессов в логистических системах: Учебное пособие / Академия ГА. С-Петербург, 2001. – 85с.
38. Плотников Н.И. Ресурсы воздушного транспорта / Новосибирск: НГАЭиУ, 2003. - 238с.
39. Староселец В.Г. Основы теории управления транспортными системами. Университет ГА. СПб., 2008. - 218с.
40. Староселец В.Г., Кежаев В.А., Анисимов В.Г. Теория управления и методы обоснования и принятия решений. – СПб.: МВАУ, 2004.-432с.
41. Староселец В.Г. Основы математического моделирования.- СПб.: ВАА, 1994.- 76с.
42. Таха Х. Введение в исследование операций. 6-е издание. Пер. с анлг. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 912 с.

**б) дополнительная литература**:

1. Журнал «Гражданская авиация».
2. Журнал «Вестник воздушного флота».
3. Журнал «Авиаглобус».
4. Журнал «Аэропорт партнер».
5. Журнал «Аэропорты. Прогрессивные технологии».
6. Журнал «Airport international».

**в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:**

1. Информационно-правовая система http://www.consultant.ru/
2. Информационно-правовая система <http://www.garant.ru/products/bank/>
3. Научная электронная библиотека eLibrary.ru – свободный доступ
4. База данных «Авиатор».

**Содержание**

[1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ 3](#_Toc453769962)

[2. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ 5](#_Toc453769963)

[3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 7](#_Toc453769964)

[ТЕМА 1. РОЛЬ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ПРИНЯТИИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАДАЧ АВИАЦИОННОГО ТРАНСПОРТА 7](#_Toc453769965)

[1.1. Математическое моделирование — основной метод кибернетики. 7](#_Toc453769966)

[1.2. Принципиальная схема процесса управления. 11](#_Toc453769967)

[1.3. Детерминированные и стохастические системы 17](#_Toc453769968)

[1.4. Основные понятия в исследовании операций 18](#_Toc453769969)

[1.5. Моделирование методами сетевого планирования 19](#_Toc453769970)

[тема 2. Методологические основы математического моделирования в организации транспортных процессов 43](#_Toc453769971)

[2.1. Системный, комплексный и кибернетический подходы к описанию системы «Аэропорт-Авиакомпания-УВД» 43](#_Toc453769972)

[2.1.1. Комплексное взаимодействие участников транспортно-логистической системы с участием авиационной транспортно-логистической системы 46](#_Toc453769973)

[2.1.2. Общая характеристика и матричная модель системы «Аэропорт» 51](#_Toc453769974)

[2.1.3. Общая характеристика и матричная модель 53](#_Toc453769975)

[системы «Авиакомпания» 53](#_Toc453769976)

[2.1.4. Общая характеристика и матричная модель системы «УВД» 54](#_Toc453769977)

[2.2. Общая характеристика и матричная модель системы «Коммерческой готовности рейса» 61](#_Toc453769978)

[2.2.1. Система «Коммерческой готовности рейса» 62](#_Toc453769979)

[2.2.2. Общая характеристика и матричная модель n-ой подсистемы системы «Коммерческой готовности рейса» 66](#_Toc453769980)

[2.2.3. Определение основных свойств элементов k-го модуля n-ой подсистемы системы «Коммерческой готовности рейса» 69](#_Toc453769981)

[2.2.4. Разработка математической модели k-го модуля n-ой подсистемы системы «Коммерческой готовности рейса» при построении матрицы взаимодействия свойств элементов 72](#_Toc453769982)

[2.3. Исследование системы «Коммерческой готовности рейса» с учетом воздействия возмущающих факторов различной природы. 79](#_Toc453769983)

[Задание на контрольную работу 80](#_Toc453769984)

[Литература 84](#_Toc453769985)