

Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет транспорта»

Факультеты «Управление процессами перевозок», «Заочный»

Кафедра «Транспортные узлы»

СОГЛАСОВАНО  
Заведующий кафедрой ТУ  
А.К. Головнич  
13 06 2018 г.

СОГЛАСОВАНО  
Декан факультета УПП  
Н.П. Берлин  
24 09 2018 г.

Декан заочного факультета  
В.В. Пигунов  
27 06 2018 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

**ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**

для специальностей

**1-44 01 03 «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте»**

**1-44 01 04 «Организация перевозок и управление на речном транспорте»**

Составители:

В. Я. Негрей, профессор кафедры «Транспортные узлы» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта», доктор технических наук, профессор;

С. А. Пожидаев, доцент кафедры «Транспортные узлы» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта», кандидат технических наук, доцент

Рассмотрено и утверждено  
на заседании кафедры «Транспортные узлы» 13 06 2018 г.,  
протокол № 7

Рассмотрено и утверждено  
на заседании методической  
комиссии факультета УПП 24 09 2018 г.,  
протокол № 6

Рассмотрено и утверждено  
на заседании методической  
комиссии заочного факультета 27 06 2018 г.,  
протокол № 5

**Рецензенты:**

Зеньчук Н.Ф. – заместитель директора по научной работе ГУ «Белорусский институт системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы», канд. техн. наук, доцент;

Севрюк С. И. – заместитель начальника станции Гомель по грузовой работе РУП «Гомельское отделение Белорусской железной дороги».

## 1. Оглавление

2 Пояснительная записка .....	7
3 Теоретический блок .....	9
3.1 Нормативно-справочные издания .....	9
3.2 Учебники .....	9
3.3 Учебные пособия .....	9
4 Практический блок .....	10
4.1 Перечень тем практических занятий .....	10
4.1.1 для специальности 1-44 01 03 (дневная форма обучения) .....	10
4.1.2 для специальности 1-44 01 03 (заочная форма обучения) .....	10
4.1.3 для специальности 1-44 01 04 .....	10
4.2 Перечень тем заданий СУРС (заочная форма обучения) .....	10
4.3 Список литературы для практических занятий .....	10
5 Блок контроля знаний .....	11
5.1 Перечень вопросов к зачету .....	11
5.2 Варианты вопросов теста для оценки промежуточных знаний студентов .....	13
5.3 Пример билета к зачету .....	18
5.4 Варианты заданий на аудиторную контрольную работу .....	19
5.5 Пояснения по выполнению аудиторной контрольной работы .....	21
6 Вспомогательный блок .....	41
6.1 учебная программа для специальности 1-44 01 03 .....	41
6.2 учебная программа для специальности 1-44 01 04 .....	51

## 2. Пояснительная записка

**Краткая характеристика.** Учебно-методический комплекс дисциплины (далее – УМКД) – совокупность нормативно-методических документов и учебно-программных материалов, обеспечивающих реализацию дисциплины в образовательном процессе и способствующих эффективному освоению студентами учебного материала, а также средства компьютерного моделирования и интерактивные учебные задания для тренинга, средства контроля знаний и умений обучающихся.

УМКД «Основы прогнозирования» разработан с целью унификации учебно-методического обеспечения и повышения качества учебного процесса для студентов дневной и заочной формы обучения инженерных специальностей.

### **Требования к дисциплине.**

Прогнозирование прочно становится функцией управления.

Одной из основных задач прогнозирования является упреждающая ориентация систем управления на возможные изменения в развитии технического состояния систем.

Для рационального определения параметров инфраструктуры транспорта, потребной мощности транспортных систем, средств и коммуникаций необходимы, прежде всего, достаточно точные прогнозы транспортных нагрузок, что будет способствовать принятию эффективных решений, уменьшению потерь от ошибок проектирования и снижению производственных рисков. На основе прогнозной информации вырабатываются стратегии развития транспорта, планы и программы по их реализации. Использование прогнозной информации позволяет заблаговременно подготовиться к негативным ситуациям с целью их предотвращения или уменьшения отрицательных последствий. Таким образом, важно, чтобы в процессе обучения студент освоил современные методы разработки прогнозов и приобрел навыки по их применению, а также умел компетентно использовать прогнозы в профессиональной деятельности для прогнозирования развития транспортных систем.

### **Цели преподавания дисциплины:**

- формирование знаний, умений и профессиональных компетенций по основам прогнозирования и прогнозных взглядов на развитие транспорта;
- практическое освоение современных методов прогнозирования изменения показателей транспортных процессов в условиях неопределенности.

### **Задачи изучения дисциплины:**

- раскрытие роли прогнозного подхода при разработке проектов и управлении транспортом, прогнозной оценки принимаемых решений, использовании достижений научно-технического прогресса на транспорте, как условия его постоянного совершенствования, инновационного развития и повышения конкурентоспособности;
- формирование у студентов практических навыков использования методологических подходов и процедур прогнозирования при разработке прогнозов в транспортных системах в условиях неопределенности;
- познание методов и инструментов прогнозирования показателей транспортных процессов, области применения и их совместного использования. Сравнительный анализ и выбор методов прогнозирования для целей прогнозирования;

- приобретение практических навыков разработки прогнозных моделей оптимальной сложности и определения перспективных значений объектов прогнозирования;
- выработка умения оценивать неопределенность прогнозов и исходной информации, ознакомление с основами теории колебаний транспортных нагрузок;
- обучение студентов процедурам верификации прогнозов и методам оценки эффективности мероприятий, направленных на ускорение научно-технического прогресса и внедрения инноваций на транспорте.

Дисциплина «Основы прогнозирования» служит теоретической и методологической основой изучения и углубления знаний по таким дисциплинам, как «Управление эксплуатационной работой», «Управление грузовой и коммерческой работой», «Организация работы флота», «Железнодорожные станции и узлы», «Речные порты» и выполнения дипломного проектирования.

К дисциплинам, усвоение которых студентами необходимо для изучения данной дисциплины, относятся «Математика», «Информатика», «Математические модели в транспортных системах».

Дисциплина «Основы прогнозирования» излагается посредством чтения лекций и проведения практических занятий. Для студентов заочной формы обучения предусмотрено выполнение контрольной работы.

При создании УМКД «Основы прогнозирования» использовались следующие нормативные документы:

- Положение об учебно-методическом комплексе специальности (направлению специальности) и дисциплины на уровне высшего образования № П-49-2013 от 24.10.2013;
- Положение о первой ступени высшего образования (утв. 18.01.2008 г. № 68);
- Общегосударственный классификатор Республики Беларусь «Специальности и квалификации» ОКРБ 011-2009;
- образовательные стандарты по специальностям высшего образования;
- Порядок разработки и утверждения учебных программ и программ практики для реализации содержания образовательных программ высшего образования (утв. Министром образования Республики Беларусь 06.04.2015 г.);
- Учебная программа «Основы прогнозирования»:
  - 1 для дневной и заочной форм обучения для специальностей:
    - 1.1 1–44 01 03 «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте» № УД-38.23/уч. от 11.06.2015 г.,
    - 1.2 1–44 01 04 «Организация перевозок и управление на речном транспорте» № УД-38.25/уч. от 18.05.2016 г.

### 3. Теоретический блок

#### 3.1 Нормативно-справочные издания

1. Республика Беларусь. Закон Республики Беларусь о железнодорожном транспорте. – Минск, 1997. – 22 с. – <http://pravo.levonevsky.org/bazaby/zakon/zakb0824.htm>.

2. Закон Республики Беларусь от 05 мая 1998 г. № 157-З «О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Республики Беларусь». – <http://zakonby.net/zakon/62941-zakon-respubliki-belarus-ot-05051998-n-157-z-quotogosudarstvennom-prognozirovanii-i-programmah-socialno-ekonomicheskogo-razvitiya-respubliki-belarusquot.html>.

3. Закон Республики Беларусь от 05 мая 1998 г. № 140-З «Об основах транспортной деятельности (в ред. Законов Республики Беларусь от 29 июня 2006 г. № 137-З, от 20 июля 2006 г. № 162-З, от 26 декабря 2007 г. № 300-З, от 9 ноября 2009 г. № 52-З). – <http://pravo.levonevsky.org/bazaby/zakon/zakb0906.htm>, <http://pravo.newsby.org/belarus/zakon1/z599.htm>.

4. Стратегия инновационного развития транспортного комплекса Республики Беларусь до 2030 года. Утв. приказом Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 25 февраля 2015 г. № 57-Ц. – <http://www.transportgazeta.by/index.php/article/4524/number/11/12-03-2015>.

5. Государственная программа развития транспортного комплекса Республики Беларусь на 2016–2020 годы. Утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 апреля 2016 г. № 345. – <http://www.government.by/ru/solutions/2482>.

6. Об утверждении Концепции развития хозяйства перевозок Белорусской железной дороги на 2016–2020 гг. Утв. приказом Начальника Белорусской железной дороги от 07 декабря 2016 г. № 350Н.

7. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года (одобр. протокол заседания Президиума Совета Министров Республики Беларусь от 2 мая 2017 г. № 10). – <http://www.economy.gov.by>...NSUR2030...strategija-ust>.

#### 3.2 Учебники

1. **Горелова, В. Л.** Основы прогнозирования систем / В. Л. Горелова, Е. Н. Мельникова. – М. : Высшая школа, 1986. – 287 с. (в НТБ БелГУТа – 2 экз.)

2. **Правдин, Н. В.** Прогнозирование грузовых потоков / Н. В. Правдин, М. Л. Дыканюк, В. Я. Негрей. – М. : Транспорт, 1987. – 248 с. (в НТБ БелГУТа – 26 экз.)

3. **Правдин, Н. В.** Прогнозирование пассажирских потоков / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей. – М. : Транспорт, 1980. – 224 с. (в НТБ БелГУТа – 46 экз.)

4. **Ханк, Д. Э.** Бизнес-прогнозирование / Д. Э. Ханк, Д. У. Уичерн, А. Дж. Райтс ; 7-е изд. : пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2003. – 656 с. : ил. – Парал. тит. англ. – <http://www.belsut.gomel.by/elektronnayabiblioteka.html>.

5. **Сенько, В. И.** Информационные модели в управлении вагонными парками: [монография] / В. И. Сенько, Е. П. Гурский. – Гомель : БелГУТ, 2010. – 296 с. – ISBN: 978-985-468-688-2. . (в НТБ БелГУТа – 10 экз.)

#### 3.3 Учебные пособия

1. **Назаров, А. В.** Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем / А. В. Назаров, А. И. Лоскутов. – СПб. : Наука и техника, 2003. – 384 с. – <http://www.belsut.gomel.by/elektronnaya-biblioteka.html>.

2. **Бородич, С. А.** Вводный курс эконометрики : учеб. пособие / С. А. Бородич. – Минск : БГУ, 2000. – 354 с. – <http://www.belsut.gomel.by/elektronnaya-biblioteka.html>.

3. **Абчук, В. А.** Прогнозирование в бизнесе, менеджменте и маркетинге / В. А. Абчук. – Издательство Михайлова В. А., 2005. – 448 с. – (в НТБ БелГУТа – 2 экз.)

#### **4. Практический блок**

##### **4.1 Перечень тем практических занятий:**

###### **4.1.1 для специальности 1-44 01 03 (дневная форма обучения):**

1. Основные характеристики транспортных нагрузок на инфраструктуру железнодорожного транспорта.
2. Прогнозирование показателей транспортных процессов с использованием интуитивных методов прогнозирования (коллективные экспертные оценки).
3. Анализ исходных данных с помощью автокорреляционных функций. Выбор метода прогнозирования.
4. Прогнозирование тренда транспортных процессов с помощью линейризованных регрессионных моделей. Автоматизация прогнозных расчетов.
5. Представление вариантов прогнозных моделей на различных этапах разработки адаптивных методов.
6. Разработка комбинированных прогнозов.
7. Оценка колебаний транспортных нагрузок при разработке прогнозов.

###### **4.1.2 для специальности 1-44 01 03 (заочная форма обучения)**

1. Прогнозирование показателей транспортных процессов с использованием интуитивных методов прогнозирования (коллективные экспертные оценки).
2. Анализ исходных данных с помощью автокорреляционных функций. Выбор метода прогнозирования.

###### **4.1.3 для специальности 1-44 01 04:**

1. Основные характеристики транспортных нагрузок, влияющих на инфраструктуру речного транспорта.
2. Прогнозирование показателей транспортных процессов с использованием интуитивных методов прогнозирования (коллективные экспертные оценки).
3. Анализ исходных данных с помощью автокорреляционных функций. Выбор метода прогнозирования.
4. Прогнозирование тренда транспортных процессов с помощью линейризованных регрессионных моделей. Автоматизация прогнозных расчетов.
5. Представление вариантов прогнозных моделей на различных этапах разработки адаптивных методов.
6. Разработка комбинированных прогнозов.
7. Оценка колебаний транспортных нагрузок при разработке прогнозов.

##### **4.2 Перечень тем заданий СУРС (заочная форма обучения)**

1. Прогнозирование тренда транспортных процессов с помощью линейризованных регрессионных моделей.
2. Оценка колебаний транспортных нагрузок при разработке прогнозов.

##### **4.3 Список литературы для практических занятий:**

1. **Правдин, Н. В.** Прогнозирование грузовых потоков / Н. В. Правдин, М. Л. Дыканюк, В. Я Негрей. – М. : Транспорт, 1987. – 248 с. (в НТБ БелГУТа – 26 экз.)

2. **Правдин, Н. В.** Прогнозирование пассажирских потоков / Н. В. Правдин, В. Я. Негрей. – М. : Транспорт, 1980. – 224 с. (в НТБ БелГУТа – 46 экз.)

## 5. Блок контроля знаний:

### 5.1 Перечень вопросов к зачету:

#### *1 часть*

1. Роль и задачи прогнозирования в совершенствовании работы транспорта и развитии транспортной инфраструктуры. Взаимосвязь теории прогнозирования с планированием и управлением на транспорте, проектированием транспортных систем. Схемы функционирования прогнозирующих систем. Требования к прогнозирующим системам.
2. Сущность прогнозирования (теоретико-познавательный и управленческий аспекты). Основные принципы, функции и задачи прогнозирования. Прогнозирование как функция управления. Система прогнозных документов Республики Беларусь. Отраслевые программы развития.
3. Основные понятия, используемые при разработке прогнозов (прогноз, прогнозная ретроспекция, контрольная последовательность, обучающая последовательность, период основания прогноза).
4. Основные понятия, используемые при разработке прогнозов (прогноз, прогнозирующая система, прогнозный фон, прогнозная перспекция, прогнозный диагноз).
5. Основные понятия, используемые при разработке прогнозов (прогноз, прогнозная модель, прогнозная модель оптимальной сложности, период упреждения прогноза, верификация прогноза).
6. Основные понятия, используемые при разработке прогнозов (прогноз, прогнозный горизонт, достоверность прогноза, ошибка прогноза, динамический ряд).
7. Основные понятия, используемые при разработке прогнозов (прогноз, значащая переменная объекта прогнозирования, экзогенная переменная объекта прогнозирования, эндогенная переменная объекта прогнозирования, тренд).
8. Основные прогнозируемые показатели на транспорте. Характеристика групп объектов прогнозирования. Внешние условия-факторы, формирующие прогнозный фон функционирования транспорта.
9. Классификация (типология) прогнозов (виды прогнозов). Поисковое и нормативное прогнозирование. Сочетание основных подходов к прогнозированию.
10. Процедуры прогнозирования. Неопределенность исходной информации и прогноза. Методы оценки неопределенностей.
11. Прогнозирование инновационного развития транспорта. Основные направления. Понятие эвристики. Основные эвристики, используемые экспертами для долгосрочного прогнозирования. Циклические закономерности изменения спроса на транспортные услуги.
12. Классификация методов прогнозирования и их характеристика. Преимущества и недостатки основных групп методов прогнозирования транспортных процессов. Особенности применения различных методов прогнозирования, их сочетание.
13. Интуитивные (эвристические) методы прогнозирования, их преимущества и недостатки. Индивидуальные и коллективные экспертные оценки. Этапы проведения экспертизы. Принципы и проблемы формирования коллектива экспертов. Методы. Расчет количества экспертов в коллективе.
14. Методы разработки сценариев. Виды сценариев. Понятие о сценарном, базовом и гарантированном альтернативных вариантах развития транспортных систем. Метод «Дельфи» как основной метод прогнозирования сценарного развития транспорта.

15. Основные причины колебаний транспортных нагрузок. Теоретические зоны действия законов распределения колебаний транспортных нагрузок и условия их взаимной аппроксимации.

16. Прогнозирование суточных колебаний транспортных нагрузок. Расчет абсолютных и относительных параметров колебаний транспортных нагрузок. Взаимная корреляция транспортных нагрузок.

17. Источники ошибок прогнозов. Методы верификации прогнозов.

### II часть

18. Фактографические (формализованные) методы прогнозирования, классификация и особенности их применения. Преимущества и недостатки. Стадии разработки прогноза (прогнозный диагноз и перспекция).

19. Требования к исходной информации. Типы исходных данных. Модели поведения данных, представленные временными рядами. Аналитическое представление моделей поведения данных временных рядов. Задачи анализа моделей поведения данных.

20. Исследование данных временных рядов на основе автокорреляционного анализа. Определение автокорреляции и авторегрессии. Расчет параметров автокорреляционной функции и оценка значимости коэффициентов автокорреляционной функции.

21. Свойства автокорреляционных функций. Графики автокорреляционных функций для основных моделей поведения данных (трендовых, стационарных, циклических, сезонных) и случайных данных. Понятие частной автокорреляционной функции. Принципы выбора методов прогнозирования на основе автокорреляционного анализа данных.

22. Прогнозирование тренда основных показателей работы транспорта на основе регрессионного анализа. Экспоненциальная модель тренда роста общего грузооборота на транспорте вида  $G_i = e^{(a_0 + a_1 t_i)} + \varepsilon$ . Расчет прогнозных коэффициентов на основе МНК и прогноз изменения тренда.

23. Неопределенность исходной информации. Методика оценки «веса» информации в прогнозных моделях и расчет весовых коэффициентов. Экспоненциальная трендовая модель общего грузооборота на транспорте с учетом «веса» исходной информации.

24. Прогнозирование транспортных процессов методами множественной регрессии. Двухфакторная регрессионная модель тренда вида  $y_i = a_0 + a_1 x_{1i} + a_2 x_{2i} + \varepsilon$ . Расчет прогнозных коэффициентов на основе МНК. Автоматизация прогнозных расчетов.

25. Критерии выбора регрессионных прогнозных моделей. Расчет коэффициентов корреляции и детерминации. Оценка значимости основных критериев точности прогнозных моделей ( $t$ -статистика и  $F$ -статистика). Статистика Дарбина-Уотсона ( $DW$ -статистика) и ее применение в прогнозировании на транспорте. Причины появления и преодоление автокорреляции остатков прогнозных моделей.

26. Измерение ошибки прогноза:  $MAD$ ,  $MSE$  и  $RMSE$ ,  $MAPE$ ,  $MPE$ . Оценка неопределенности прогноза. Расчет прогнозных границ изменения показателей (показать на графике).

27. Недостатки коэффициентов корреляции и детерминации, способы их преодоления. Скорректированный коэффициент детерминации. Автокорреляция остатков прогнозных моделей.

28. Интеллектуальные технологии в прогнозировании. Этапы генетического алгоритма направленного отбора вариантов адаптивных прогнозных моделей и



расчет количества уравнений на каждом этапе. Формирование обучающей и контрольной последовательностей. Расчет критерия качества адаптивного прогноза.

29. Граф вариантов на основе полиномиальной прогнозной модели при  $n_{\text{знач. факт.}} = 1$ ,  $n_{\text{полином}} = 4$ . Варианты прогнозных уравнений. Расчет прогнозных коэффициентов на основе МНК (на примере конкретного уравнения).

30. Граф вариантов на основе полиномиальной прогнозной модели при  $n_{\text{знач. факт.}} = 2$ ,  $n_{\text{полином}} = 2$ . Варианты прогнозных уравнений. Расчет прогнозных коэффициентов на основе МНК (на примере конкретного уравнения).

31. Классификация и сущность нейросетевых методов прогнозирования. Парадигма ИНС. Математическая функция нейрона.

32. Построение нейросетей (основные архитектуры сетей) и принципы их «обучения». Прогнозирование с помощью ИНС.

33. Этапы формирования комплексных прогнозов. Представление вариантов комплексных прогнозов с помощью графов. Оценка согласованности частных прогнозов и исключение противоречивых частных прогнозов (на примере графа с  $r = 4$ ).

34. Синтез комплексного прогноза с учетом «веса» частных прогнозов для класса  $r = 4$  (составить граф вариантов с общим числом согласованных частных прогнозов, равным 4). Оценка точности прогноза.

35. Прогнозирование объемов перевозок на основе авторегрессионных моделей АР (показать на примере крупных транспортных узлов).

36. Прогнозирование объемов перевозок на основе моделей АРСС и с учетом внутригодичной неравномерности (показать на примере крупных транспортных узлов).

## 5.2 Варианты вопросов теста для оценки промежуточных знаний студентов:

1. В каких пределах может находиться коэффициент корреляции?

1.  $-1 \leq r \leq 1$  и стремится к экстремумам;
2.  $-1 \leq r \leq 1$  и стремится к «0»;
3.  $0 \leq r \leq 1$  и стремится к «1».

2. Когда коэффициент корреляции принимает отрицательное значение?

1. при колебаниях величины транспортного потока около «0»;
2. при постоянной величине транспортного потока по периодам времени;
3. при тенденции снижения величины транспортного потока с течением времени.

3. Для чего оценивается значимость коэффициента корреляции?

1. для оценки неопределенности расчетов;
2. для подтверждения наличия зависимости между факторами;
3. для подстановки в прогнозное уравнение.

4. Как рассчитывается коэффициент корреляции?

$$1. \tilde{R}^2 = 1 - \frac{n-1}{n-m-1} (1 - R^2);$$

$$2. r = \frac{n \sum T_i N_i - \sum T_i \sum N_i}{\sqrt{[n \sum T_i^2 - (\sum T_i)^2] [n \sum N_i^2 - (\sum N_i)^2]}};$$

$$3. R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}.$$

5. Что такое «динамический ряд»?

1. последовательность периодов времени;
2. последовательность значений прогнозируемого показателя;
3. последовательность значений прогнозируемого показателя по периодам времени.

**6. Что представляет собой «объясненная» часть и «необъясненная» часть исходных данных?**

1. математическая зависимость и случайные ошибки;
2. математическая зависимость и исходный динамический ряд;
3. оценка экспертов и неточность их прогнозов.

**7. Как оцениваются колебания транспортных потоков на основе вероятностного подхода?**

1. с помощью МНК;
2. с использованием коэффициента неравномерности;
3. с использованием математического ожидания, среднеквадратического отклонения, коэффициента вариации.

**8. Коэффициент корреляции является значимым, если выполняется условие:**

1.  $t \geq t_{\alpha, \nu}^{\text{крит}}$ ;
2.  $|t| \geq t_{\alpha, \nu}^{\text{крит}}$ ;
3.  $|t| \leq t_{\alpha, \nu}^{\text{крит}}$ .

**9. Для прогнозирования тренда целесообразно использовать**

1. общенаучные методы (процедуры);
2. интуитивные (эвристические) методы;
3. формализованные (регрессионные) методы.

**10. Критическое значение  $t$ -статистики зависит от**

1. количества точек временного ряда и уровня доверительной вероятности
2. количества степеней свободы и количества точек временного ряда;
3. уровня значимости и уровня доверительной вероятности.

**11. Основное условие МНК.**

1.  $F = \sum_{i=1}^n (N_i - a_0 - a_1 T_i)^2 \rightarrow \min$ ;
2.  $F = \sum_{i=1}^n (N_i - a_0 - a_1 T_i)^2 \rightarrow \max$ ;
3.  $F = \sum_{i=1}^n (N_i - a_0 - a_1 T_i)^2 = 0$ .

**12. Чему равен прогнозный горизонт для трендовых методов прогнозирования?**

1. 5 лет;
2. 10 лет;
3. 15 лет.

**13. Дайте понятие «тренда» прогнозируемого показателя.**

1. Стационарная (горизонтальная) составляющая транспортного потока;
2. Циклическая составляющая транспортного потока;
3. Систематическая (регулярная) составляющая транспортного потока.

**14. К формальным методам прогнозирования относятся следующие**

1. интервью; адаптивные; экономико-статистические;
2. аналитический; нейросети; общенаучные;
3. экстраполяционные; подбора функций; моделирования.

**15. Что выражает переменная  $\varepsilon$  в прогнозной модели?**

1. необъясненную часть исходных данных;
2. объясненную часть исходных данных;
3. параметр модели.

**16. Область применения формальных методов прогнозирования. Суть методов.**

1. Кратко-, средне и долгосрочные задачи. До 10 лет. Использование математических моделей;
2. Стратегические задачи. До 50 лет. Опрос экспертов;
3. Среднесрочные задачи. До 5 лет. Комбинирование опроса экспертов и использования математических моделей.

**17. Основные модели поведения данных, представленные временными рядами**

1. трендовые; стационарные; регрессионные; сезонные; циклические;
2. трендовые; стационарные; случайные; сезонные; циклические;
3. трендовые; циклические; стационарные; комбинированные; сезонные.

**18. Автокорреляция – это ...**

1. зависимость (сила связи) между переменной  $y(t)$ , характеризующей прогнозируемый показатель и переменной  $t$ ;
2. зависимость (сила связи) между переменной  $y(t)$ , характеризующей прогнозируемый показатель и переменными этого же показателя  $y(t-1)$ ,  $y(t-2)$ , ...,  $y(t-k)$ , смещенными относительно  $y(t)$  на периоды  $t-1$ ,  $t-2$ , ...,  $t-k$ ;
3. последовательность значений коэффициентов автокорреляции, вычисленных для различных периодов запаздывания.

### 19. Что такое ЧАКФ?

1. Это «очищенная» АКФ от связей между переменными на временных сдвигках, отличных от исследуемых;
2. Это зависимость (сила связи) между переменной  $y(t)$ , характеризующей прогнозируемый показатель и переменными этого же показателя  $y(t-1)$ ,  $y(t-2)$ , ...,  $y(t-k)$ , смещенными относительно  $y(t)$  на периоды  $t-1$ ,  $t-2$ , ...,  $t-k$ ;
3. Это зависимость (сила связи) между переменной  $y(t)$ , характеризующей прогнозируемый показатель и переменной  $t$ .

### 20. Коэффициент автокорреляции является высоко значимым, если ...

1. его значения выходят из интервала значимости;
2. его значения не выходят из интервала значимости;
3. его значения лежат на границах интервала значимости.

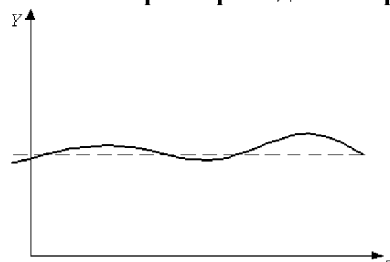
### 21. Авторегрессия (с точки зрения математических вычислений) – это ...

1. зависимость (сила связи) между переменной  $y(t)$ , характеризующей прогнозируемый показатель и переменными этого же показателя  $y(t-1)$ ,  $y(t-2)$ , ...,  $y(t-k)$ , смещенными относительно  $y(t)$  на периоды  $t-1$ ,  $t-2$ , ...,  $t-k$ ;
2. зависимость (сила связи) между переменной  $y(t)$ , характеризующей прогнозируемый показатель и переменной  $t$ ;
3. совокупность приемов регрессионного анализа для установления вида связи между переменной  $y(t)$ , характеризующей прогнозируемый показатель и переменными этого же показателя  $y(t-1)$ ,  $y(t-2)$ , ...,  $y(t-k)$ , смещенными относительно  $y(t)$  на периоды  $t-1$ ,  $t-2$ , ...,  $t-k$  или, другими словами, между результатами очередного и предыдущих испытаний одного и того же процесса.

### 22. Как рассчитывается коэффициент детерминации?

1.  $\tilde{R}^2 = 1 - \frac{n-1}{n-m-1}(1-R^2)$ ;
2.  $r = \frac{n \sum T_i N_i - \sum T_i \sum N_i}{\sqrt{[n \sum T_i^2 - (\sum T_i)^2][n \sum N_i^2 - (\sum N_i)^2]}}$ ;
3.  $R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)^2}$ .

### 23. Укажите модель поведения данных, схема которой приведена на рисунке

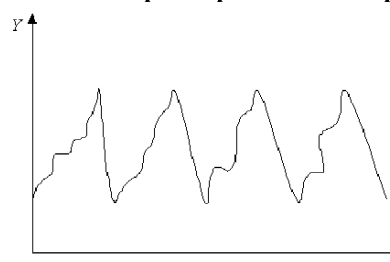


1. трендовая;
2. циклическая;
3. стационарная (горизонтальная).

### 24. Что показывает коэффициент детерминации?

1. неопределенность прогноза;
2. силу связи между факторами и качество аппроксимации исходных данных;
3. коэффициент точности модели.

### 25. Укажите модель поведения данных, схема которой приведена на рисунке

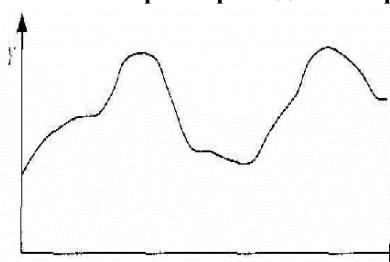


1. сезонная;
2. циклическая;
3. комбинированная.

### 26. Почему важно учитывать автокорреляцию?

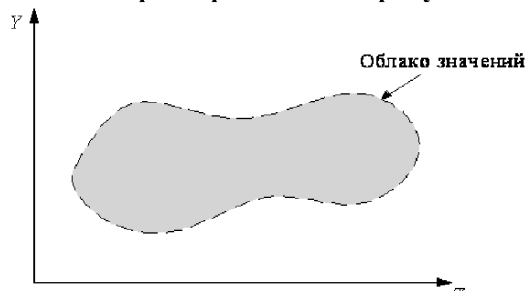
1. Не учет автокорреляции приводит к недооценке внутренних взаимосвязей.
2. Для сглаживания данных и повышения качества прогноза.
3. Для учета «веса» ретроспективной информации.

### 27. Укажите модель поведения данных, схема которой приведена на рисунке



1. сезонная;
2. циклическая;
3. трендовая.

28. Укажите модель поведения данных, схема которой приведена на рисунке

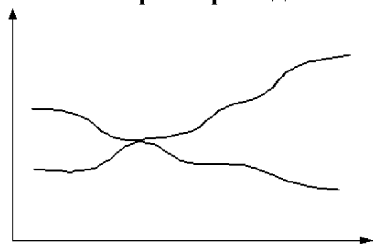


1. трендовая;
2. комбинированная (смешанная);
3. случайные данные.

29. Что показывает коэффициент корреляции?

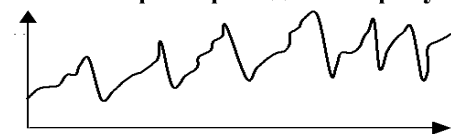
1. неопределенность прогноза;
2. силу связи между факторами и качество аппроксимации исходных данных;
3. неопределенность прогнозного уравнения.

30. Укажите модель поведения данных, схема которой приведена на рисунке



1. комбинированная;
2. циклическая;
3. трендовая (повышающийся и понижающийся тренд).

31. Укажите модель поведения данных, схема которой приведена на рисунке

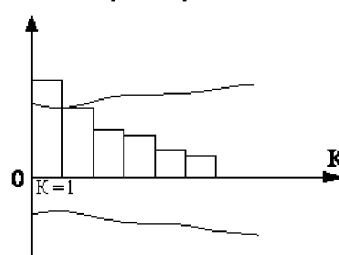


1. трендовая;
2. комбинированная (смешанная);
3. случайные данные.

32. Какие компоненты может содержать динамический ряд прогнозируемого показателя?

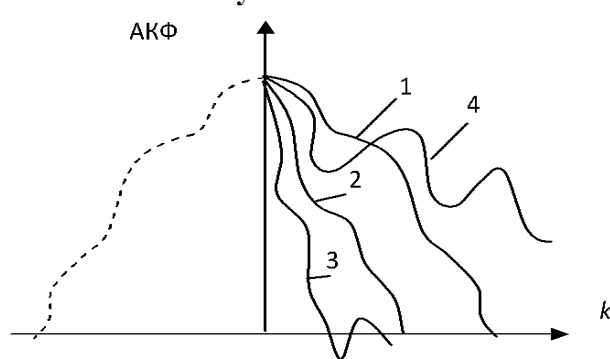
1. систематическую (регулярную), циклическую, сезонную и случайную составляющие транспортного потока;
2. систематическую (регулярную), сезонную и случайную составляющие транспортного потока;
3. стационарную (горизонтальную), циклическую, сезонную и случайную составляющие транспортного потока.

33. Укажите модель поведения данных, АКФ которой приведена на рисунке



1. трендовая;
2. сезонная;
3. циклическая.

34. На основе анализа рисунка покажите, какая кривая показывает слабую автокорреляционную зависимость либо полностью ее отсутствие:

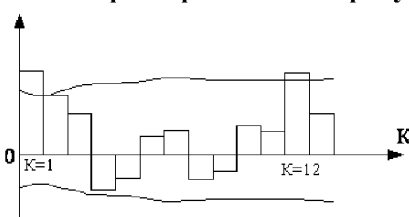


1. № 1;
2. № 2;
3. № 3;
4. № 4.

35. Назовите основные группы методов прогнозирования.

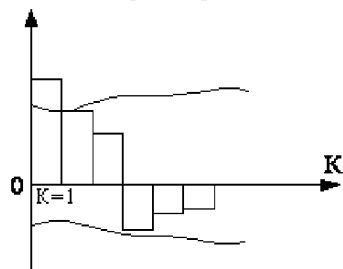
1. интуитивные; формальные; комбинированные; общенаучные; методы верификации;
2. эвристические; формализованные; адаптивные; общенаучные; методы верификации;
3. экспертные; математические; адаптивные; общенаучные; сертификационные.

36. Укажите модель поведения данных, АКФ которой приведена на рисунке



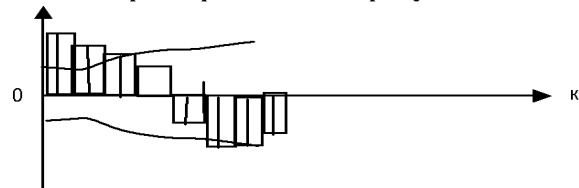
1. циклическая;
2. смешанная;
3. сезонная.

37. Укажите модель поведения данных, АКФ которой приведена на рисунке



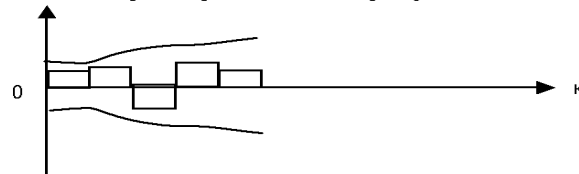
1. сезонная;
2. циклическая модель;
3. трендовая.

38. Укажите модель поведения данных, АКФ которой приведена на рисунке



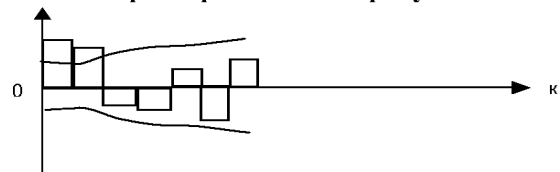
1. смешанная;
2. сезонная;
3. циклическая.

39. Укажите модель поведения данных, АКФ которой приведена на рисунке



1. трендовая;
2. комбинированная (смешанная);
3. случайные данные.

40. Укажите модель поведения данных, АКФ которой приведена на рисунке

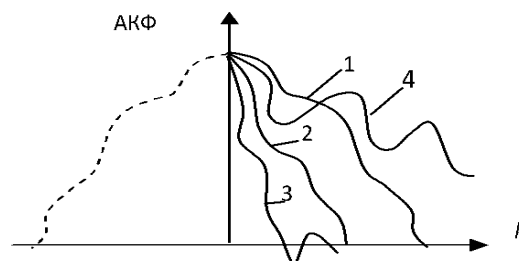


1. циклическая;
2. стационарная (горизонтальная);
3. сезонная.

41. Как определяется критическое значение  $t$ -статистики?

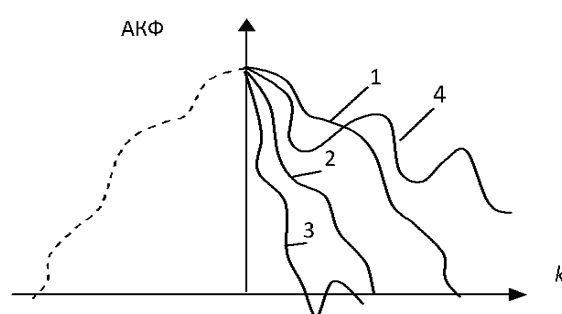
1.  $t = R^2 \frac{n-2}{1-R^2}$ ;
2.  $t = r \sqrt{\frac{n-2}{1+r^2}}$ ;
3.  $t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$ .

42. На основе анализа рисунка покажите, какая кривая показывает сильную автокорреляционную зависимость:



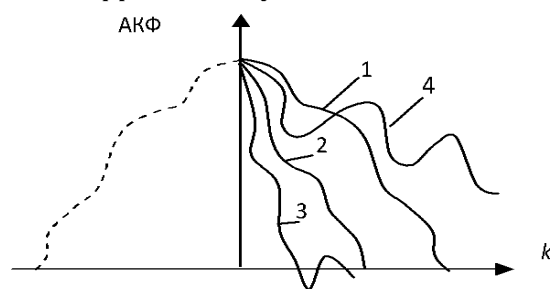
1. № 1;
2. № 2 и № 4;
3. № 3.

43. На основе анализа рисунка покажите, какая кривая показывает сильную периодическую автокорреляционную зависимость:



1. № 1;
2. № 2;
3. № 3;
4. № 4.

44. На основе анализа рисунка покажите, какая кривая показывает среднюю автокорреляционную зависимость:



1. № 1 и № 4;
2. № 2;
3. № 3.

### 5.3 Пример билета к зачету

ОД-999043

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

Экзаменационная сессия 201 /1    уч. года  
Кафедра                      «Транспортные узлы»  
Дисциплина                «Основы прогнозирования» УД, УК, ЗД-4, ЗДс, ЗДси-5

**БИЛЕТ № 32**

1. Основные понятия, используемые при разработке прогнозов (прогноз, прогнозная модель, прогнозная модель оптимальной сложности, период упреждения прогноза, верификация прогноза).
2. Классификация и сущность нейросетевых методов прогнозирования. Парадигма ИНС. Математическая функция нейрона.

Лектор потока Пожидаев С.А.

УО «БелГУТ», т.ф. 77-55-17. Зак. 4260 30 000. 11.12.2015.

## 5.4 Варианты заданий на аудиторную контрольную работу

Задание на аудиторную контрольную работу по дисциплине «Основы прогнозирования»

### ЗАДАЧА № «ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТУИТИВНЫХ МЕТОДОВ (КОЛЛЕКТИВНЫЕ ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ)»

По результатам интуитивных прогнозов по исследуемой проблеме обработать мнения десяти экспертов и дать оценку согласованности их выводов. Рассчитать прогноз коллектива в условиях неопределенности (зону неопределенности прогноза), степень согласованности мнений экспертов в коллективе, качественные характеристики экспертов. По процедуре прогнозирования эксперты дают интервальный прогноз, оценивая предполагаемую минимальную и максимальную величину прогнозируемого показателя на заданную глубину прогнозирования (таблица).

Т а б л и ц а – Прогнозные оценки экспертов\* ( $K=$  )

Эксперты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$a_{\min}$	50	45	50	55	45	50	45	50	55	65
$a_{\max}$	95	70	75	75	60	75	70	85	105	90

\* **Примечание:** Выделенные значения данных таблицы необходимо умножить на коэффициент пересчета и округлить до ближайшего целого в сторону увеличения.

#### Основные расчетные выражения

Вероятностный закон распределения оценок экспертов		
<input type="checkbox"/> нормальный	<input type="checkbox"/> равномерный	<input type="checkbox"/> $\beta$ -распределение
ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭКСПЕРТОВ		
1) математическое ожидание прогноза каждого эксперта, тр. ед.		
$\bar{a}_j = \frac{a_{\min j} + a_{\max j}}{2}$	$\bar{a}_j = \frac{a_{\min j} + a_{\max j}}{2}$	$\bar{a}_j = \frac{3a_{\min j} + 2a_{\max j}}{5}$
2) дисперсия оценок каждого эксперта, тр. ед. <sup>2</sup>		
$D_j^\alpha = \frac{(a_{\max j} - a_{\min j})^2}{36}$	$D_j^\beta = \frac{(a_{\max j} - a_{\min j})^2}{12}$	$D_j^\beta = \frac{(a_{\max j} - a_{\min j})^2}{25}$
3) коэффициент вариации оценок каждого эксперта		
$V_j = \frac{\sqrt{D_j^{\alpha, \beta}}}{\bar{a}_j}; V_j \leq 0,3$	$V_j = \frac{\sqrt{D_j^{\alpha, \beta}}}{\bar{a}_j}; V_j \leq 0,3$	$V_j = \frac{\sqrt{D_j^{\alpha, \beta}}}{\bar{a}_j}; V_j \leq 0,3$
ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОГНОЗА КОЛЛЕКТИВА ЭКСПЕРТОВ		
1) математическое ожидание (прогноз) коллектива экспертов, тр. ед.		
$M^{\alpha, \beta} = \frac{\sum \bar{a}_j}{n}$		
2) дисперсия мнений экспертов в коллективе тр. ед. <sup>2</sup>		
$D^{\alpha, \beta} = \frac{\sum (\bar{a}_j - M^{\alpha, \beta})^2}{n-1}$		
3) коэффициент вариации мнений экспертов в коллективе		
$V^{\alpha, \beta} = \frac{\sqrt{D^{\alpha, \beta}}}{M^{\alpha, \beta}}$ (при $V \rightarrow 0; V \leq 0,3$ )		
4) коэффициент меры расхождения мнений экспертов в коллективе		
$W^{\alpha, \beta} = \frac{\sqrt{\sum (\bar{a}_j - M^{\alpha, \beta})^2}}{\sqrt{\sum \bar{a}_j^2 + M^{\alpha, \beta} \sqrt{n}}}$ (при $W^{\alpha, \beta} \rightarrow 0; 0 \leq W^{\alpha, \beta} \leq 1$ )		

Утверждено на заседании кафедры «Транспортные узлы», протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ г.

Задание на аудиторную контрольную работу по дисциплине «Основы прогнозирования»

### ЗАДАЧА №2. ВАРИАНТ «ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРЕНДА ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ С ПОМОЩЬЮ ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ»

Рассчитать прогноз объемов работы транспортной системы на 20-й год (трендовой составляющей) без учета «веса» исходной информации. Оценить значимость и силу связи эндогенных и экзогенных параметров при аппроксимации данных таблицы 1 экспоненциальной зависимостью (таблица 2).

Т а б л и ц а 1– Объемы работы транспортной системы\* ( $K=$  )

Год	Номер года $t_i$	«Весовые» коэффициенты $a_i$ при		Годовые объемы работы транспортной системы $N_i$ , млрд. т-км
		$T_{\text{пред}} = 25$ лет	$T_{\text{пред}} = \_\_\_$ лет	
2005	1	0,044		43,6
2006	2	0,049		45,7
2007	3	0,055		47,9
2008	4	0,061		49,0
2009	5	0,069		42,7
2010	6	0,077		46,2
2011	7	0,088		49,4
2012	8	0,102		48,5
2013	9	0,122		43,8
2014	10	0,155		45,0

\* **Примечание:** Выделенные значения данных таблицы 1 необходимо умножить на коэффициент пересчета и округлить до ближайшего целого в сторону увеличения.

Таблица 2 – Математическое выражение прогнозной модели и ее преобразование

Прогнозная модель и ее графическое представление	Формулы приведения и расчетные выражения
<p>Экспоненциальная</p> $\hat{N} = e^{(a_0 + a_1 t)} + \varepsilon$ 	<p>Система нормальных уравнений</p> $\begin{cases} a_0 n + a_1 \sum t_i = \sum N_i \\ a_0 \sum t_i + a_1 \sum t_i^2 = \sum t_i \ln N_i \end{cases}$ $\hat{Y} = \ln \hat{N}$ $\hat{Y} = a_0 + a_1 t$ <p>Коэффициенты модели</p> $a_0 = \frac{\sum \ln N_i \sum t_i^2 - \sum t_i \sum t_i \ln N_i}{n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}$ $a_1 = \frac{n \sum t_i \ln N_i - \sum t_i \sum \ln N_i}{n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}$ <p>Коэффициент корреляции</p> $r = \frac{n \sum t_i \ln N_i - \sum t_i \sum \ln N_i}{\sqrt{[n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2] [n \sum (\ln N_i)^2 - (\sum \ln N_i)^2]}}; (-1 \leq r \leq 1).$

Утверждено на заседании кафедры «Транспортные узлы», протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ г.

Задание на аудиторную контрольную работу по дисциплине «Основы прогнозирования»

**ЗАДАЧА №2. ВАРИАНТ**  
**«ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРЕНДА ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ С ПОМОЩЬЮ ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ»**

Рассчитать прогноз объемов работы транспортной системы на 20-й год (трендовой составляющей) с учетом «веса» исходной информации. Оценить значимость и силу связи эндогенных и экзогенных параметров при аппроксимации данных таблицы 1 линейным законом (таблица 2).

Т а б л и ц а 1 – Объемы работы транспортной системы\* ( $K=$ \_\_\_\_\_)

Год	Номер года $t_i$	«Всесоюз» коэффициенты $\alpha_i$ при		Годовые объемы работы транспортной системы $N_i$ , млрд. т-км
		$T_{\text{пред}} = 25$ лет	$T_{\text{пред}} =$ ___ лет	
2005	1	0,044		43,6
2006	2	0,049		45,7
2007	3	0,055		47,9
2008	4	0,061		49,0
2009	5	0,069		42,7
2010	6	0,077		46,2
2011	7	0,088		49,4
2012	8	0,102		48,5
2013	9	0,122		43,8
2014	10	0,155		45,0

**Примечание:** Выделенные значения данных таблицы 1 необходимо умножить на коэффициент пересчета и округлить до ближайшего целого в сторону увеличения.

Т а б л и ц а 2 – Математическое выражение прогнозной модели и ее преобразование

Прогнозная модель и ее графическое представление	Формулы приведения и расчетные выражения
<p align="center"><b>Линейная</b></p> $\hat{N} = a_0 + a_1 t + \epsilon$	<p align="center">Система нормальных уравнений</p> $\begin{cases} a_0 n + a_1 \sum \alpha_i t_i = \sum \alpha_i N_i; \\ a_0 \sum \alpha_i t_i + a_1 \sum (\alpha_i t_i)^2 = \sum \alpha_i^2 N_i t_i \end{cases}$ <p align="center">Коэффициенты модели</p> $a_0 = \frac{\sum \alpha_i N_i \sum \alpha_i^2 t_i^2 - \sum \alpha_i t_i \sum \alpha_i^2 N_i t_i}{n \sum \alpha_i^2 t_i^2 - (\sum \alpha_i t_i)^2};$ $a_1 = \frac{n \sum \alpha_i^2 N_i t_i - \sum \alpha_i t_i \sum \alpha_i N_i}{n \sum \alpha_i^2 t_i^2 - (\sum \alpha_i t_i)^2}$ <p align="center">Коэффициент корреляции</p> $r_a = \frac{n \sum \alpha_i^2 t_i N_i - \sum \alpha_i t_i \sum \alpha_i N_i}{\sqrt{[n \sum \alpha_i^2 t_i^2 - (\sum \alpha_i t_i)^2] [n \sum \alpha_i^2 N_i^2 - (\sum \alpha_i N_i)^2]}}; ( -1 \leq r_a \leq 1 ).$

Утверждено на заседании кафедры «Транспортные узлы», протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ г.

Задание на аудиторную контрольную работу по дисциплине «Основы прогнозирования»

**ЗАДАЧА №3**  
**«ОЦЕНКА КОЛЕБАНИЙ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОГНОЗОВ»**

Определить среднеквадратическое отклонение от среднего значения величины интегрального потока, формируемого из 10 частных грузовых потоков (таблица 1, 2). Рассчитать максимальное значение величины интегрального грузопотока на основе вероятностного подхода. Показать эффект влияния взаимной корреляции частных транспортных потоков на перевозочный процесс.

Т а б л и ц а 1 – Параметры потоков по родам грузов\* ( $K=$ \_\_\_\_\_)

Род груза	Поток, $m_j$ , транспортных единиц	Расчетные параметры прогнозных функций для среднеквадратического отклонения	
		$a_j$	$b_j$
1	90	1,332	0,660
2	150	1,284	0,720
3	130	1,300	0,634
4	150	1,285	0,553
5	220	1,188	0,705
6	210	1,260	0,665
7	140	1,205	0,765
8	250	1,305	0,585
9	130	1,280	0,613
10	140	1,255	0,681

Т а б л и ц а 2 – Коэффициенты взаимной корреляции частных потоков

$\Gamma_{ij}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-									
2	-0,84	-								
3	0,72	-0,18	-							
4	0,41	0,35	0,22	-						
5	0,21	0,45	-0,80	0,37	-					
6	-0,05	0,29	0,05	0,52	0,60	-				
7	0,81	-0,11	-0,78	0,29	-0,37	0,44	-			
8	0,74	0,84	-0,08	-0,38	0,11	-0,24	-0,81	-		
9	-0,54	-0,29	-0,44	-0,08	0,84	-0,36	-0,66	0,78	-	
10	0,60	-0,35	-0,55	0,07	-0,79	0,59	-0,59	-0,71	-0,25	-

**Примечание:** Выделенные значения данных таблицы 1 необходимо умножить на коэффициент пересчета и округлить до ближайшего целого в сторону увеличения.

**Основные расчетные выражения:**

- 1) среднеквадратическое отклонение значений частных транспортных потоков относительно их средней величины, тр. ед.:  $\sigma_j = a_j \bar{m}_j^{b_j}$ ;
- 2) среднеквадратическое отклонение общего (интегрального) потока, тр. ед.

$$\sigma_{\text{общ}} = \sqrt{\sum_{j=1}^{10} \sigma_j^2};$$

- 3) среднеквадратическое отклонение общего (интегрального) потока с учетом взаимной корреляции частных потоков, минимальные и максимальные значения потока, тр. ед.

$$\sigma_{\text{инт}} = \sqrt{\sum_{j=1}^{10} \sigma_j^2 + 2 \sum_{j=1}^9 \sum_{s=j+1}^{10} \Gamma_{js} \sigma_j \sigma_s}; m_{\text{мин}} = \sum_{j=1}^{10} \bar{m}_j - 3\sigma_{\text{инт}}; m_{\text{макс}} = \sum_{j=1}^{10} \bar{m}_j + 3\sigma_{\text{инт}}.$$

Утверждено на заседании кафедры «Транспортные узлы», протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ г.



## 5.5 Пояснения по выполнению аудиторной контрольной работы

### ЗАДАЧА №1

#### «ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТУИТИВНЫХ МЕТОДОВ (КОЛЛЕКТИВНЫЕ ЭКСПЕРТНЫЕ ОЦЕНКИ)»

В задаче №1 требуется по результатам интуитивных прогнозов по исследуемой проблеме (таблица 1) обработать мнения десяти экспертов и дать оценку согласованности их выводов. Рассчитать неопределенность прогноза коллектива. При этом эксперты делают интервальный прогноз, называя минимальную и максимальную границы интервала прогнозируемого показателя на заданную глубину прогнозирования, что является для них предпочтительнее.

Таблица 1 (пример)

Эксперты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$a_{\min}$	50	70	65	76	60	64	45	55	66	61
$a_{\max}$	65	82	72	85	70	73	55	70	75	83

В данной задаче изучается применение *интуитивных (эвристических) методов* для прогнозирования транспортных потоков на железнодорожном транспорте. Интуитивные методы – это методы, основанные на опросе экспертов (*эксперт*–«сведущий», высококвалифицированный специалист) по интересующей организаторов опроса проблеме. При этом эксперты могут делать оценки на основе своих знаний, опыта, интуиции как независимо друг от друга (*индивидуальные методы*), так и в составе коллектива экспертов (*коллективные методы*). Интуитивные методы прогнозирования получили широкое распространение благодаря ряду преимуществ: максимальное использование опыта и интуиции специалистов; возможность прогнозирования на длительный период; не требуется установление закономерностей изменения прогнозируемых показателей и описания математических зависимостей (что может быть теоретически затруднено или даже невозможно); способность предсказания резких изменений (скачков или спадов) в работе транспортных систем; не требуется сбор исходных данных. В тоже время максимальное использование этих преимуществ возможно при правильном сочетании интуитивных методов с другими, более точными методами и при их дополнении.

Процедура опроса экспертов называется *экспертизой*. С методологической точки зрения экспертиза организовывается в несколько этапов:

- формирование целей и задач экспертизы;
- разработка анкет опроса экспертов;
- формирование группы экспертов-аналитиков;
- формирование коллектива экспертов;
- проведение опроса экспертов;
- обработка полученных результатов опроса;
- выработка заключительного решения.

Группа экспертов-аналитиков проводит последние четыре этапа.

Для решения задачи используется широко распространенный *метод коллективных экспертных оценок*. В соответствии с ним для обработки мнений экспертов и расчета неопределенности их прогноза используется *метод симметричной аппроксимации*. Неопределенность полученных результатов устанавливается на основе вероятностного подхода. При этом рассчитываются такие важнейшие вероятностные характеристики, как математическое ожидание, дисперсия и среднеквадратическое отклонение оценок каждого эксперта и всего коллектива. Расчет выполняется для заранее установленных вероятностных законов распределения оценок экспертов. Наиболее часто используются нормальный закон, равномерный закон и  $\beta$ -распределение (рисунок 1).

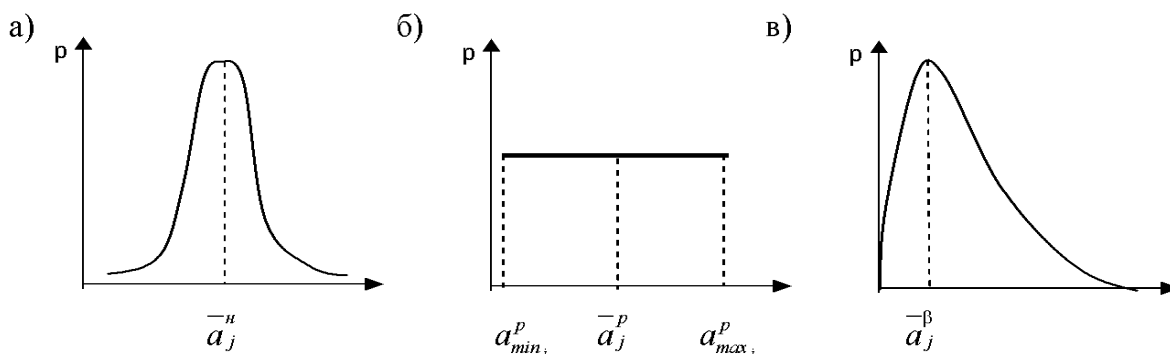


Рисунок 1 – Графики функций плотности распределения для: а) нормального распределения; б) равновероятного распределения; в)  $\beta$ -распределения

Для расчета используются следующие выражения:

1) математическое ожидание прогноза каждого эксперта определяется на основе представленных в таблице 1 нижней и верхней оценок прогнозируемого показателя:

для нормального и равновероятного законов

$$\bar{a}_j = \frac{a_{min_j} + a_{max_j}}{2}, \text{ тр.ед.}; \quad (1)$$

для  $\beta$ -распределения

$$\bar{a}_j = \frac{3a_{min_j} + 2a_{max_j}}{5}, \text{ тр.ед.}; \quad (2)$$

2) дисперсия оценок каждого эксперта для нормального закона

$$D_j^u = \frac{(a_{max_j} - a_{min_j})^2}{36}, \text{ тр.ед.}^2; \quad (3)$$

для равновероятного закона

$$D_j^p = \frac{(a_{max_j} - a_{min_j})^2}{12}, \text{ тр.ед.}^2; \quad (4)$$

для  $\beta$ -распределения

$$D_j^\beta = \frac{(a_{max_j} - a_{min_j})^2}{25}, \text{ тр.ед.}^2 \quad (5)$$

Дисперсия является очень важной величиной, так как позволяет установить уровень компетентности экспертов, степень объективности и другие качественные характеристики.

3) коэффициент вариации оценок каждого эксперта

$$V_j = \frac{\sqrt{D_j^{с.з.}}}{\bar{a}_j}. \quad (6)$$

Коэффициент вариации должен стремиться к нулю. Допустимо, если данный коэффициент не превышает уровня «0,3», т.е.

$$V_j \leq 0,3. \quad (7)$$

Это означает, что эксперт имеет допустимый уровень разброса верхних и нижних оценок и его мнение может быть учтено в прогнозе всего коллектива экспертов. В противном случае эксперт подлежит исключению из коллектива экспертов и процедура опроса повторяется. Вместо выбывшего могут включаться новые эксперты.

Для удобства выполнения анализа, все вычисления сводят в итоговую таблицу (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты обработки оценок экспертов

Эксперты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$a_{min}$	<b>50</b>	<b>70</b>	<b>65</b>	<b>76</b>	<b>60</b>	<b>64</b>	<b>45</b>	<b>55</b>	<b>66</b>	<b>61</b>
$a_{max}$	<b>65</b>	<b>82</b>	<b>72</b>	<b>85</b>	<b>70</b>	<b>73</b>	<b>55</b>	<b>70</b>	<b>75</b>	<b>83</b>
$\bar{a}_j^n$	57,5	76	68,5	80,5	65	68,5	50	62,5	70,5	72
$\bar{a}_j^p$	57,5	76	68,5	80,5	65	68,5	50	62,5	70,5	72
$\bar{a}_j^\beta$	56	74,8	67,8	79,6	64	67,6	49	61	69,6	69,8
$D_j^n$	6,25	4,00	1,36	2,25	2,78	2,25	2,78	6,25	2,25	13,44
$D_j^p$	18,75	12,00	4,08	6,75	8,33	6,75	8,33	18,75	6,75	40,33
$D_j^\beta$	9,00	5,76	1,96	3,24	4,00	3,24	4,00	9,00	3,24	19,36
$V_j^n$	0,043	0,026	0,017	0,019	0,026	0,022	0,033	0,040	0,021	0,051
$V_j^p$	0,075	0,046	0,029	0,032	0,044	0,038	0,058	0,069	0,037	0,088
$V_j^\beta$	0,054	0,032	0,021	0,023	0,031	0,027	0,041	0,049	0,026	0,063

При достаточной компетентности всех экспертов в коллективе рассчитывают параметры коллективного прогноза: математическое ожидание мнений экспертов, дисперсия мнений в коллективе, коэффициент вариации мнений экспертов в коллективе и коэффициент меры расхождения мнений экспертов в коллективе. Последние два коэффициента используются для оценки согласованности мнений экспертов в коллективе.

Математическое ожидание (среднеарифметическое значение)

$$M^{s.p.} = \frac{\sum \bar{a}_j^{s.p.}}{n}, \text{ тр.ед.}, \quad (8)$$

где  $n$  – количество экспертов в коллективе.

Дисперсия мнений экспертов в коллективе

$$D^{s.p.} = \frac{\sum (\bar{a}_j^{s.p.} - M^{s.p.})^2}{n-1}, \text{ тр.ед.}^2 \quad (9)$$

Для оценки согласованности мнений экспертов в коллективе рассчитываются коэффициент вариации мнений экспертов в коллективе  $V$  и коэффициент меры расхождения мнений экспертов в коллективе  $W$ .

Коэффициент вариации мнений экспертов

$$V^{s.p.} = \frac{\sqrt{D^{s.p.}}}{M^{s.p.}} \quad (\text{при } V \rightarrow 0; V \leq 0,3). \quad (10)$$

Коэффициент меры расхождения мнений экспертов в коллективе

$$W^{s.p.} = \frac{\sqrt{\sum (\bar{a}_j^{s.p.} - M^{s.p.})^2}}{\sqrt{\sum \bar{a}_j^{s.p.2} + M^{s.p.} \cdot \sqrt{n}}} \quad (\text{при } W^{s.p.} \rightarrow 0; 0 \leq W^{s.p.} \leq 1). \quad (11)$$

Данный коэффициент должен стремиться к «0», что означает полное согласие экспертов по исследуемой проблеме. При  $W^{s.p.} = 1$  мнения экспертов полностью расходятся. В остальных случаях степень согласия оценивается следующим образом:

$0 \leq W^{s.p.} \leq 0,02$  – единодушное мнение;

$0,02 < W^{s.p.} \leq 0,1$  – сильная степень согласия;

$0,1 < W^{s.p.} \leq 0,2$  – средняя степень согласия;

$0,2 < W^{s.p.} \leq 0,6$  – слабая степень согласия;

$0,6 < W^{s.p.} \leq 1$  – отсутствие согласованности.

Приемлемыми являются первые три уровня.

Для данных, приведенных в таблице 2, получены следующие результаты (таблица 3).

Таблица 3 – Основные параметры прогноза коллектива экспертов

Вероятностный закон распределения мнений экспертов	Математическое ожидание (прогноз) $M$ , тр. ед.	Дисперсия мнений в коллективе $D$ , тр.ед. <sup>2</sup>	Коэффициент вариации мнений экспертов в коллективе $V$	Коэффициент меры расхождения мнений экспертов в коллективе $W$
Нормальный з.р.	67,10	78,71	0,13	0,06
Равномерный з.р.	67,10	78,71	0,13	0,06
$\beta$ -распределение	65,92	79,28	0,14	0,06

Данные таблицы 3 показывают, что разброс мнений экспертов не превышает допустимого уровня, степень согласия экспертов в коллективе – сильная. Следовательно, полученному прогнозу можно доверять.

Для расчета неопределенности прогноза используется правило «трех сигм». В соответствии с этим правилом интервал неопределенности равен:

$$M \pm 3\sigma, \quad (12)$$

где  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение мнений экспертов относительно математического ожидания;  $\sigma = \sqrt{D^{s.p.}}$  (рисунок 2).

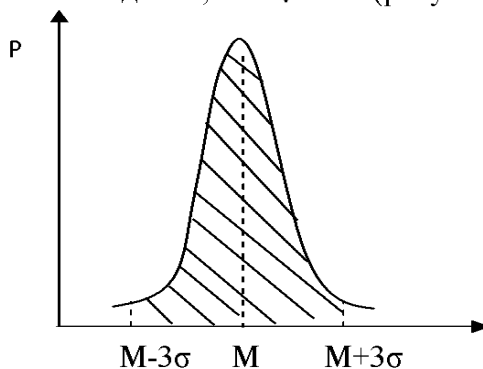


Рисунок 2 – Зона неопределенности прогноза

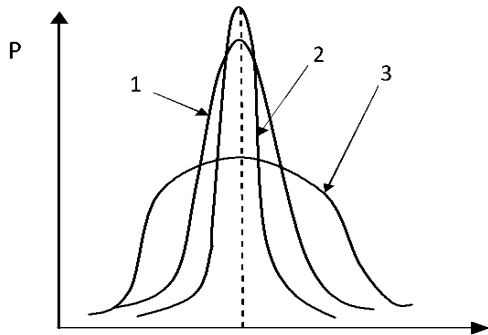
#### Вывод:

1. Математическое ожидание (прогноз) коллектива экспертов  $M$ , тр. ед.
2. Зона неопределенности прогноза (рисунок 2).
3. Степень согласованности мнений экспертов в коллективе (коэффициенты  $V$ ,  $W$ ).
4. Уровень разброса оценок каждого эксперта. Качественные характеристики экспертов: «наиболее компетентный эксперт», «наиболее смелый эксперт», «осторожный эксперт», «самый объективный эксперт».

#### Контрольные вопросы

1. Сущность интуитивных методов прогнозирования транспортных потоков.
2. Кто называется «экспертом»?
3. Что такое неопределенность прогноза? Оценка неопределенности. Сущность метода симметричной аппроксимации.

4. Какая переменная выражает прогноз каждого эксперта? Как определить качественные характеристики экспертов: «наиболее компетентный эксперт», «наиболее смелый эксперт», «осторожный эксперт», «самый объективный эксперт»?
5. Какая переменная выражает прогноз коллектива экспертов?
6. Как оценивается степень согласия экспертов в коллективе?
7. В каких пределах может изменяться коэффициент меры расхождения мнений экспертов? Приведите случай, когда этот коэффициент будет равен «0».
8. Какую информацию «несет» коэффициент вариации мнений экспертов в коллективе?
9. На основе анализа рисунка покажите наиболее предпочтительный из трех прогнозов, исходя из вида функции плотности распределения этих прогнозов:



Рисунок

10. Область применения интуитивных прогнозов. Максимальная глубина прогнозирования. Сравнительная точность прогнозирования.

## ЗАДАЧА №2

### «ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРЕНДА ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ С ПОМОЩЬЮ ЛИНЕАРИЗОВАННЫХ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ»

В задаче №2 требуется дать прогноз объемов работы транспортной системы на 20-й год (трендовой составляющей) и оценить значимость и силу связи параметров при аппроксимации данных таблицы 1 линейным законом.

Таблица 1 – Объемы работы транспортной системы

Номер года	Среднесуточные размеры переработки транспортной системы, тыс. т
1	9
2	11
3	12
4	18
5	16
6	14
7	19
8	22
9	26
10	28

Для решения задачи прогноза тренда среднесуточной переработки транспортной системы необходимо построить график изменения динамики прогнозируемого показателя по годам (рисунок 1) и по виду этого графика определить, предварительно, несколько наиболее подходящих регрессионных зависимостей, наилучшим образом описывающую сложившуюся тенденцию.

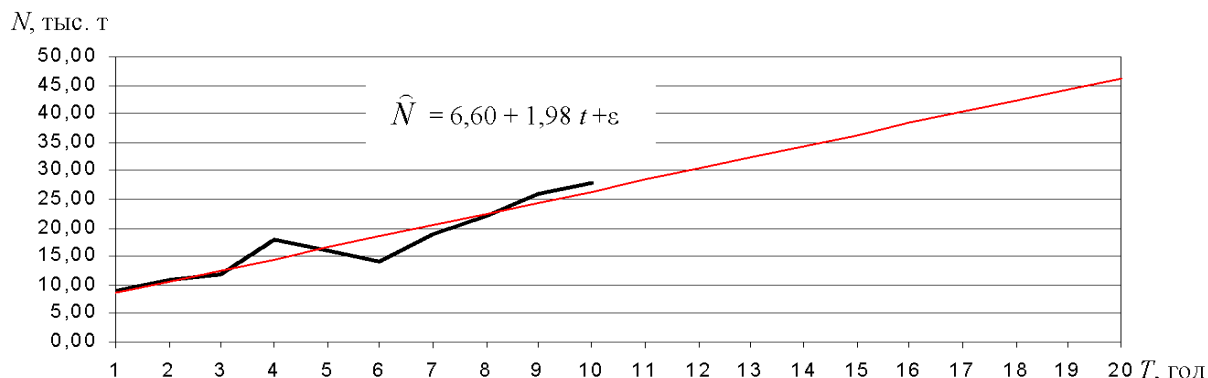


Рисунок 1 – Динамика изменения прогнозируемого показателя по годам и ее тенденция

На основе анализа рисунка 1 можно сделать вывод, что среднесуточные объемы переработки транспортной системы растут по годам практически линейно. Следовательно, можно сделать вывод, что наиболее простой и экономичной регрессионной зависимостью, описывающей эту тенденцию, является «линейная» вида:

$$\hat{N} = a_0 + a_1 T,$$

где  $a_0, a_1$  – коэффициенты регрессии.

С линейной зависимости и следует начинать выбор оптимальной регрессионной зависимости, наиболее адекватной собранным исходным данным. Таким образом, решение задачи сводится к определению правильного положения линии регрессии (зависит от коэффициентов  $a_0, a_1$ ), характеризующей тенденцию прошлого и настоящего и экстраполяции ее в будущее (при условии сохранения этой тенденции в будущем).

Значения коэффициентов рассчитываются на основе метода наименьших квадратов (МНК). В соответствии с МНК оптимальное положение линии регрессии определяется из условия:  $F = \sum_{i=1}^n (N_i - \hat{N}_i)^2 \rightarrow \min$ ,

где  $F$  – функционал рассогласования действительных значений прогнозируемого показателя  $N_i$  и прогнозных  $\hat{N}_i$ .

$n$  – количество точек динамического ряда показателя.

Для нахождения минимума функции получают систему нормальных уравнений, из которой и находятся неизвестные  $a_0, a_1$ :

$$F = \sum_{i=1}^n (N_i - a_0 - a_1 T_i)^2 \rightarrow \min; \quad (1)$$

$$\begin{cases} \frac{dF}{da_0} = 0; \\ \frac{dF}{da_1} = 0. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2 \sum (N_i - a_0 - a_1 T_i)(-1) = 0; \\ 2 \sum (N_i - a_0 - a_1 T_i)(-T_i) = 0. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a_0 n + a_1 \sum T_i = \sum N_i; \\ a_0 \sum T_i + a_1 \sum T_i^2 = \sum T_i N_i. \end{cases} \quad (2)$$

В матричном виде система нормальных уравнений записывается следующим образом:

$$\begin{bmatrix} n & \sum T_i \\ \sum T_i & \sum T_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum N_i \\ \sum T_i N_i \end{bmatrix}. \quad (3)$$

$$\text{Тогда } a_0 = \frac{\Delta_0}{\Delta}; a_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta}, \quad (4)$$

где  $\Delta, \Delta_0, \Delta_1$  – определители второго порядка, сформированные следующим образом:

$$\Delta = \begin{vmatrix} n & \sum T_i \\ \sum T_i & \sum T_i^2 \end{vmatrix}; \Delta_0 = \begin{vmatrix} \sum N_i & \sum T_i \\ \sum T_i N_i & \sum T_i^2 \end{vmatrix}; \Delta_1 = \begin{vmatrix} n & \sum N_i \\ \sum T_i & \sum T_i N_i \end{vmatrix}. \quad (5)$$

Тогда неизвестные коэффициенты  $a_0, a_1$

$$a_0 = \frac{\sum N_i \sum T_i^2 - \sum T_i \sum T_i N_i}{n \sum T_i^2 - (\sum T_i)^2}; a_1 = \frac{n \sum T_i N_i - \sum T_i \sum N_i}{n \sum T_i^2 - (\sum T_i)^2}. \quad (6)$$

Для удобства вычислений  $a_0, a_1$  по формулам (6) составляется корреляционная таблица (таблица 2).

Таблица 2 – Корреляционная таблица

Год	Усл. год $T_i$	Показатель $N_i$	$T_i^2$	$T_i N_i$	$N_i^2$	$\hat{N}_i$
1997	1	9,00	1	9	81	8,58
1998	2	11,00	4	22	121	10,56
1999	3	12,00	9	36	144	12,55
2000	4	18,00	16	72	324	14,537
2001	5	16,00	25	80	256	16,51
2002	6	14,00	36	84	196	18,49
2003	7	19,00	49	133	361	20,47
2004	8	22,00	64	176	484	22,46
2005	9	26,00	81	234	676	24,44
2006	10	28,00	100	280	784	26,42
	$\sum T_i = 55$	$\sum N_i = 175$	$\sum T_i^2 = 385$	$\sum T_i N_i = 1126$	$\sum N_i^2 = 3427$	

Выполнив вычисления по формулам (6), получаем

$$a_0 = 6,60; a_1 = 1,98.$$

Тогда *трендовая прогнозная модель*, полученная на основе уравнения линейной регрессии

$$\hat{N} = 6,60 + 1,98T + \varepsilon,$$

где  $\varepsilon$  – необъясненная часть исходных данных или ошибка прогнозной модели.

С помощью трендовых регрессионных моделей можно выполнять прогнозы с высокой точностью максимальной глубиной до 10 лет.

Прогноз объемов среднесуточной переработки транспортной системы на 20-й год перспективы:

$$\hat{N} = 6,60 + 1,98(10 + 10) = 46,24 \text{ тыс. т.}$$

Правильность выбора линейной зависимости для прогнозирования среднесуточных объемов переработки транспортной системы устанавливается по *коэффициенту корреляции*  $r$ .

Коэффициент корреляции показывает силу линейной связи между зависимым показателем  $N$  и независимым интегрированным фактором «время»  $T$ . Другими словами, коэффициент корреляции показывает, насколько линейно изменяются объемы переработки транспортной системы по времени. Коэффициент корреляции рассчитывается по формуле

$$r = a_1 \frac{\sigma_T}{\sigma_N} \quad (7)$$

или

$$r = \frac{n \sum T_i N_i - \sum T_i \sum N_i}{\sqrt{[n \sum T_i^2 - (\sum T_i)^2][n \sum N_i^2 - (\sum N_i)^2]}}; (-1 \leq r \leq 1). \quad (8)$$

Если значения показателя, в основном, увеличиваются и значения независимого фактора увеличиваются, коэффициент корреляции примет знак «+» ( $r > 0$ ). Такой же знак будет иметь коэффициент корреляции и одновременном уменьшении обоих факторов.

С другой стороны, если значения переменной первого фактора увеличиваются, а второго уменьшаются (или наоборот), коэффициент корреляции примет знак «-» ( $r < 0$ ).

Если связь между переменными сильная, коэффициент корреляции будет близок к своим экстремумам. При отсутствии связи коэффициент корреляции близок к «0». В остальных случаях сила связи имеет промежуточные значения:

$r = 0 \dots 0,4$  – слабая сила связи;

$r = 0,4 \dots 0,7$  – средняя сила связи;

$r = 0,7 \dots 1$  – сильная степень связи.

В соответствии с формулой (8) для исходных данных, представленных в таблицах 1 и 2

$$r = 0,94,$$

что указывает на весьма сильную линейность тенденции роста объемов переработки.

Необходимо проверить это утверждение, оценив значимость коэффициента корреляции. Для этого используется  $t$ -статистика (статистика Стьюдента):

$$t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}. \quad (9)$$

Если коэффициент корреляции значим и его значению можно доверять, должно выполняться условие

$$|t| \geq t_{\alpha, \nu}^{крит}, \quad (10)$$

где  $t_{\alpha, \nu}^{крит}$  – критическое значение  $t$ -статистики, определяемое по таблицам по двум входам: уровню значимости  $\alpha$  и числу степеней свободы, равному  $(n-2)$ . При  $\alpha = 0,05$  и  $n = 10$  (таблица 1)  $t_{\alpha, \nu}^{крит} = 1,86$ .

Для условий примера  $t = 8,00$  и условие значимости выполняется. Следовательно, значению коэффициента корреляции можно доверять и сильная степень линейности тенденции роста прогнозируемого показателя подтверждается.



После завершения процедуры вычислений необходимо проверить также и другие виды регрессионных зависимостей на возможность использования для описания тенденции изменения прогнозируемого показателя (см. приложение к задаче). Для условий примера это могут быть степенная, экспоненциальная, логарифмическая и другие нелинейные зависимости, которые предварительно приводятся к линейному виду. Целесообразно после изучения методики эти вычисления выполнять с помощью компьютерных программ (например, *StatGraphics*). *Лучшим будет считаться тот вид регрессионной зависимости, для которой коэффициент корреляции ближе к экстремуму и значим.*

Так, согласно выполненным расчетам по приведенной методике в системе *StatGraphics*, лучшими является следующие модели (таблица 3):

Таблица 3 – Данные для сравнения прогнозных моделей

Модель	Коэффициент корреляции	t-статистика	F-статистика	DW-статистика
Квадратно-коренная	0,9478	8,407	70,68	1,82
Экспоненциальная	0,9471	8,347	69,67	1,93
Линейная	0,9428	8,003	64,05	1,56

Уравнение наиболее адекватной квадратно-коренная модели:

$$\hat{N} = (2,81 + 0,24T)^2 + \varepsilon.$$

Вывод:

1. Уравнение линейной регрессии модели прогнозирования  $\hat{N} = 6,60 + 1,98T + \varepsilon$ .
2. Значение прогноза среднесуточной переработки транспортной системы на 20-й условный год.
3. Оценка силы связи параметров прогнозной модели и ее значимость.
4. График изменения динамики прогнозируемого показателя по годам и прогноз на 20-й условный год. На графике показать: исходный динамический ряд, линию регрессии, прогноз, уравнение регрессии.

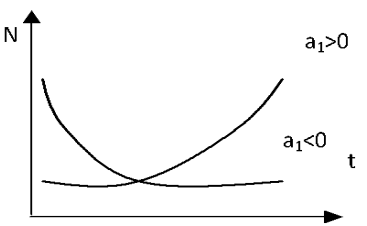
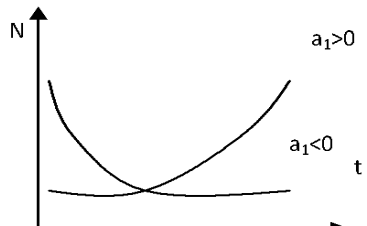
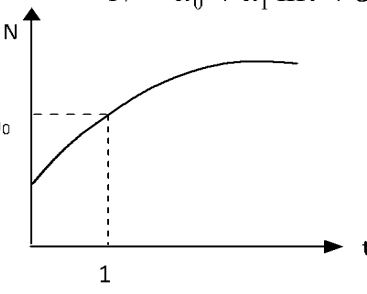
Контрольные вопросы

1. Область применения формальных методов прогнозирования. Суть методов.
2. Используя график изменения динамики прогнозируемого показателя, постройте графически прогноз для различных периодов упреждения. Рассчитайте для этих же периодов прогноз с помощью уравнения линейной регрессии. Сравните результаты. Объясните расхождение.
3. Что показывает коэффициент корреляции?
4. Для чего оценивается значимость коэффициента корреляции?
5. Что такое «динамический ряд»?
6. Дайте понятие «тренда» прогнозируемого показателя. Какие еще компоненты содержит динамический ряд прогнозируемого показателя?
7. Что выражает переменная  $\varepsilon$  в прогнозной модели?
8. Что представляет собой «объясненная» часть и «необъясненная» часть исходных данных?
9. Чему равен прогнозный горизонт для трендовых методов прогнозирования?
10. Основное условие МНК.
11. Объясните природу коэффициента корреляции. Как он используется в прогнозировании?
12. Как определяется критическое значение t-статистики?

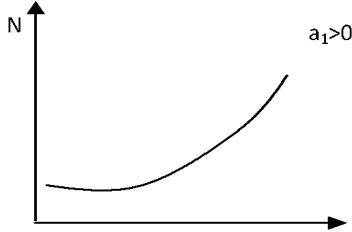
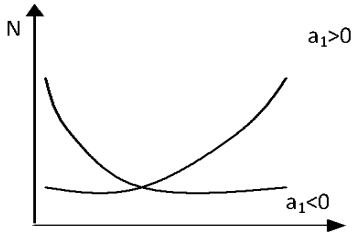
**ПРИЛОЖЕНИЕ К ЗАДАЧЕ № 2**

**1 ПРЕОБРАЗОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ К ЛИНЕЙНОМУ ВИДУ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОДНОФАКТОРНОМ РЕГРЕССИОННОМ АНАЛИЗЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ**

Таблица 4 – Математические выражения прогнозных моделей и их преобразование

Прогнозная модель и ее графическое представление	Формулы приведения и расчетные выражения
<p>Экспоненциальная</p> $\hat{N} = e^{(a_0+a_1t)} + \varepsilon$ 	<p><math>\ln \hat{N} = \ln e^{a_0+a_1t}</math> система нормальных уравнений</p> $\ln \hat{N} = (a_0 + a_1t) \ln e$ $\ln \hat{N} = a_0 + a_1t \quad \begin{cases} a_0n + a_1 \sum t_i = \sum \ln N_i; \\ a_0 \sum t_i + a_1 \sum t_i^2 = \sum t_i \ln N_i. \end{cases}$ $\hat{Y} = \ln \hat{N}$ $\hat{Y} = a_0 + a_1t$ <p>коэффициенты модели</p> $a_0 = \frac{\sum \ln N_i \sum t_i^2 - \sum t_i \sum t_i \ln N_i}{n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}; a_1 = \frac{n \sum t_i \ln N_i - \sum t_i \sum \ln N_i}{n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}$
<p>Степенная</p> $\hat{N} = a_0 t^{a_1} + \varepsilon$ 	<p><math>\ln \hat{N} = \ln a_0 t^{a_1}</math> система нормальных уравнений</p> $\ln \hat{N} = \ln a_0 + a_1 \ln t$ $\hat{Y} = \ln \hat{N}; A_0 = \ln a_0 \quad \begin{cases} n \ln a_0 + a_1 \sum \ln t_i = \sum \ln N_i; \\ \ln a_0 \sum \ln t_i + a_1 \sum (\ln t_i)^2 = \sum \ln t_i \ln N_i. \end{cases}$ $T = \ln t$ $\hat{Y} = A_0 + a_1 T$ <p>коэффициенты модели</p> $\ln a_0 = \frac{\sum \ln N_i \sum (\ln t_i)^2 - \sum \ln t_i \sum \ln t_i \ln N_i}{n \sum (\ln t_i)^2 - (\sum \ln t_i)^2};$ $a_1 = \frac{n \sum \ln t_i \ln N_i - \sum \ln t_i \sum \ln N_i}{n \sum (\ln t_i)^2 - (\sum \ln t_i)^2}; a_0 = e^{\ln a_0}$ <p>переход от натурального к десятичному логарифму</p> $\ln a_0 = 2.3026 \lg a_0; \lg a_0 = \ln a_0 / 2.3026; a_0 = 10^{\ln a_0 / 2.3026}$
<p>Логарифмическая</p> $\hat{N} = a_0 + a_1 \ln t + \varepsilon$ 	<p><math>T = \ln t</math> система нормальных уравнений</p> $\hat{N} = a_0 + a_1 T$ $\begin{cases} a_0n + a_1 \sum \ln t_i = \sum N_i; \\ a_0 \sum \ln t_i + a_1 \sum (\ln t_i)^2 = \sum N_i \ln t_i \end{cases}$ <p>коэффициенты модели</p> $a_0 = \frac{\sum N_i \sum (\ln t_i)^2 - \sum \ln t_i \sum N_i \ln t_i}{n \sum (\ln t_i)^2 - (\sum \ln t_i)^2}; a_1 = \frac{n \sum N_i \ln t_i - \sum \ln t_i \sum N_i}{n \sum (\ln t_i)^2 - (\sum \ln t_i)^2}$

Окончание таблицы 4

Прогнозная модель и ее графическое представление	Формулы приведения и расчетные выражения
<p>Квадратно-коренная</p> $\hat{N} = (a_0 + a_1 t)^2 + \varepsilon$ 	$\sqrt{\hat{N}} = a_0 + a_1 t$ <p>система нормальных уравнений</p> $\hat{Y} = \sqrt{\hat{N}}$ $\hat{Y} = a_0 + a_1 t$ $\begin{cases} a_0 n + a_1 \sum t_i = \sum \sqrt{N_i}; \\ a_0 \sum t_i + a_1 \sum t_i^2 = \sum t_i \sqrt{N_i} \end{cases}$ <p>коэффициенты модели</p> $a_0 = \frac{\sum \sqrt{N_i} \sum t_i^2 - \sum t_i \sum t_i \sqrt{N_i}}{n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}; a_1 = \frac{n \sum t_i \sqrt{N_i} - \sum t_i \sum \sqrt{N_i}}{n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}$
<p>Показательная</p> $\hat{N} = a_0 a_1^t + \varepsilon$ 	$\ln \hat{N} = \ln a_0 a_1^t$ <p>система нормальных уравнений</p> $\ln \hat{N} = \ln a_0 + t \ln a_1$ $\hat{Y} = \ln \hat{N}; A_0 = \ln a_0$ $A_1 = \ln a_1$ $\hat{Y} = A_0 + A_1 t$ $\begin{cases} n \ln a_0 + \ln a_1 \sum t_i = \sum \ln N_i; \\ \ln a_0 \sum t_i + \ln a_1 \sum t_i^2 = \sum t_i \ln N_i. \end{cases}$ <p>коэффициенты модели</p> $\ln a_0 = \frac{\sum \ln N_i \sum t_i^2 - \sum t_i \sum t_i \ln N_i}{n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}; a_0 = e^{\ln a_0}$ $\ln a_1 = \frac{n \sum t_i \ln N_i - \sum t_i \sum \ln N_i}{n \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2}; a_1 = e^{\ln a_1}$ <p>переход от натурального к десятичному логарифму</p> $\ln a_0 = 2.3026 \lg a_0; \lg a_0 = \frac{\ln a_0}{2.3026}; a_0 = 10^{\frac{\ln a_0}{2.3026}};$ $\ln a_1 = 2.3026 \lg a_1; \lg a_1 = \frac{\ln a_1}{2.3026}; a_1 = 10^{\frac{\ln a_1}{2.3026}}$

Выполним построение прогнозной модели степенного вида  $\hat{N} = a_0 t^{a_1} + \varepsilon$  в соответствии с рассмотренной методикой. Исходные данные приведены в таблице 1 задачи. Составим корреляционную таблицу (таблица 5) и определим количественные параметры прогнозной модели.

Воспользовавшись суммарными значениями параметров расчета из таблицы 5, получаем

$$\ln a_0 = \frac{28,008 \cdot 27,65 - 15,1044 \cdot 44,579}{10 \cdot 27,65 - 15,1044^2} = 2,09;$$

$$a_0 = e^{2,09} = 8,09;$$

$$a_1 = \frac{10 \cdot 44,579 - 15,1044 \cdot 28,008}{10 \cdot 27,65 - 15,1044^2} = 0,47.$$

Таблица 5 – Корреляционная таблица (степенная модель)

Усл. год $T_i$	$\ln T_i$	Показатель $\ln N_i$	$(\ln T_i)^2$	$\ln T_i \ln N_i$	$(\ln N_i)^2$	$\hat{N}_i$
1	0	2,1972246	0	0	4,82779584	8,09
2	0,69315	2,3978953	0,4805	1,662094	5,74990174	11,21
3	1,09861	2,4849066	1,2069	2,729949	6,17476106	13,56
4	1,38629	2,8903718	1,9218	4,006906	8,3542489	15,52
5	1,60944	2,7725887	2,5903	4,462309	7,68724822	17,24
6	1,79176	2,6390573	3,2104	4,728556	6,96462359	18,79
7	1,94591	2,944439	3,7866	5,729614	8,6697209	20,20
8	2,07944	3,0910425	4,3241	6,427642	9,55454345	21,51
9	2,19722	3,2580965	4,8278	7,15877	10,6151931	22,73
10	2,30259	3,3322045	5,3019	7,672684	11,1035869	23,89
$\sum T_i = 55$	15,1044	28,008	27,65	44,579	79,702	

Степенная модель прогнозирования трендовой составляющей изменения объемов среднесуточной переработки транспортной системы имеет вид

$$\hat{N} = 8,09t^{0,47} + \varepsilon.$$

Прогноз объемов среднесуточной переработки транспортной системы на 20-й год перспективы:

$$\hat{N} = 8,09(10 + 10)^{0,47} = 33,11 \text{ тыс. т.}$$

Степень связи показателей  $N$  и  $t$  в соответствии со степенной зависимостью (насколько нелинейно изменяются объемы переработки транспортной системы по времени в соответствии с данной зависимостью) определяется с помощью коэффициента корреляции, который равен

$$r = \frac{n \sum \ln T_i \ln N_i - \sum \ln T_i \sum \ln N_i}{\sqrt{[n \sum (\ln T_i)^2 - (\sum \ln T_i)^2][n \sum (\ln N_i)^2 - (\sum \ln N_i)^2]}} \quad (1.1)$$

или

$$r = \frac{10 \cdot 44,579 - 15,1044 \cdot 28,008}{\sqrt{[10 \cdot 27,65 - 15,1044^2][10 \cdot 79,702 - 28,008^2]}} = 0,92.$$

Расчет  $t$ -статистики (статистики Стьюдента) и проверка условия значимости коэффициента корреляции показывают, что

$$t = 0,92 \sqrt{\frac{10 - 2}{1 - 0,92^2}} \cong 6,64 \text{ и } 6,64 > 1,86.$$

Таким образом, полученное значение коэффициента корреляции значимо отличается от нуля и его значению можно доверять. В тоже время, из таблицы 3 видно, что полученное значение коэффициента корреляции ( $r = 0,92$ ) меньше значения коэффициента корреляции для линейной зависимости ( $r = 0,94$ ), следовательно, она лучше объясняет поведение параметров исследуемого процесса.

Расхождение результатов двух прогнозов

$$\Delta N = 46,24 - 33,11 = 13,13 \text{ тыс. т,}$$

что является весомой величиной. В этом случае для целей прогнозирования следует применить линейную зависимость изменения объемов переработки транспортной системы.

## 2 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ С УЧЕТОМ «ВЕСА» ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Использование системы «весов» информации позволяет существенно повысить точность прогнозирования и стабильность прогноза. При этом уменьшается влияние длительности ретроспективного периода на параметры прогнозной модели. **«Вес» информации – это характеристика ее ценности, надежности и достоверности.** Естественно, по мере удаления вглубь ретроспекции ценность информации уменьшается. Наблюдается **эффект дисконтирования информации – снижение ее ценности с течением времени.** Если предположить, что «вес» информации или ее ценность убывает по экспоненциальному закону (рисунок 2) по мере удаления вглубь ретроспективного периода от момента времени, соответствующему предпрогнозному году (году прогнозного диагноза) до начального периода (начало временного ряда), получим аналитические выражения для расчета «весовых» коэффициентов:

$$\alpha_i = c - d \ln t_i; \quad (2.1)$$

$$d = \frac{1}{t_{пред} - \ln(2,718 t_{пред})}; \quad c = d \ln t_{пред},$$

где  $t_i$  – период времени, соответствующий определяемому значению «веса»;  
 $t_{пред}$  – предельный период времени, по истечении которого «вес» информации становится равным нулю.

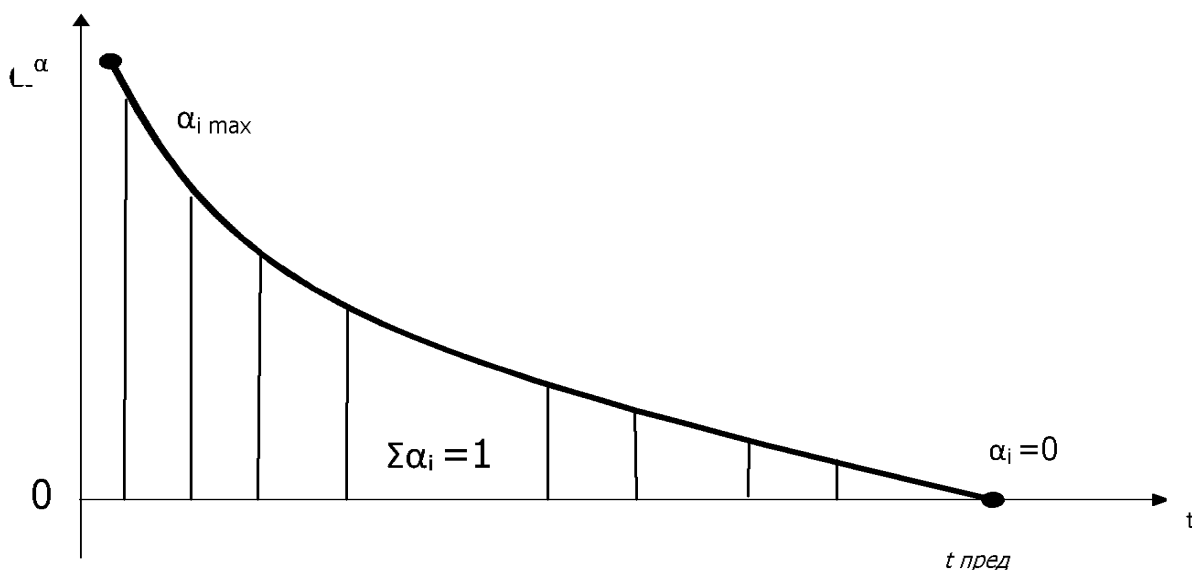


Рисунок 2 – Характер изменения «веса» информации в соответствии с экспоненциальным законом убывания ее ценности

Для условий транспортных систем  $t_{пред}$  находится в диапазоне 20–35 лет. Максимальное значение соответствует наиболее капиталоемким мероприятиям по развитию транспортных систем (строительство новой железнодорожной линии, укладка дополнительных главных путей). Меньшее значение характерно для транспортных систем, где наблюдаются явления насыщения. Для сортировочных станций, локомотивных, вагонных предприятий, грузовых комплексов значение  $t_{пред}$  можно принимать 25 лет при  $c = 0,155$  и  $d = 0,048$ . С учетом сказанного, рассчитаем «вес» информации для наблюдений, отстоящих от предпрогнозного года на 15 лет. Результаты расчетов представлены в таблице 6.

Используя «весовые» коэффициенты для наблюдений из таблицы 1, выполним построение прогнозной модели линейного вида  $\hat{N} = a_0 + a_1 T$  с учетом «веса» информации.

Таблица 6 – Значения «весовых» коэффициентов при  $t_{пред} = 25$  лет

Номер года $t_i$ по отношению к предпрогнозному	«Вес» информации $\alpha_i$ при длине $n$ временного ряда		
	$n=9$	$n=10$	$n=15$
1	0,155	0,155	0,155
2	0,122	0,122	0,122
3	0,102	0,102	0,102
4	0,088	0,088	0,088
5	0,077	0,077	0,077
6	0,069	0,069	0,069
7	0,061	0,061	0,061
8	0,055	0,055	0,055
9	0,049	0,049	0,049
10	-	0,044	0,044
11	-	-	0,039
12	-	-	0,035
13	-	-	0,031
14	-	-	0,028
15	-	-	0,025

Выражения (6) с учетом «веса» информации преобразуются к виду:

$$a_0 = \frac{\sum \alpha_i N_i \sum \alpha_i^2 T_i^2 - \sum \alpha_i T_i \sum \alpha_i^2 T_i N_i}{n \sum \alpha_i^2 T_i^2 - (\sum \alpha_i T_i)^2}; a_1 = \frac{n \sum \alpha_i^2 T_i N_i - \sum \alpha_i T_i \sum \alpha_i N_i}{n \sum \alpha_i^2 T_i^2 - (\sum \alpha_i T_i)^2} \quad (2.2)$$

Для удобства вычислений  $a_0$ ,  $a_1$  по формулам (2.2) составляется корреляционная таблица (таблица 7).

Таблица 7 – Корреляционная таблица вычислений с учетом «веса» информации

Коэффициент «веса» $\alpha_i$	Усл. год $\alpha_i T_i$	Показатель $\alpha_i N_i$	$\alpha_i^2 T_i^2$	$\alpha_i^2 T_i N_i$	$\alpha_i^2 N_i^2$	$\hat{N}_i$
0,044	0,044	0,397	0,0019	0,0175	0,1575	2,82
0,049	0,098	0,541	0,0097	0,0532	0,2926	5,42
0,055	0,165	0,658	0,0271	0,1083	0,4331	8,01
0,061	0,245	1,103	0,0601	0,2703	1,2162	10,61
0,069	0,343	1,099	0,1179	0,3774	1,2077	13,21
0,077	0,465	1,084	0,2160	0,5040	1,1760	15,81
0,088	0,617	1,676	0,3812	1,0346	2,8083	18,41
0,102	0,816	2,245	0,6665	1,8328	5,0401	21,01
0,122	1,094	3,161	1,1969	3,4578	9,9892	23,61
0,155	1,549	4,338	2,4000	6,7201	18,8164	26,21
	$\sum \alpha_i T_i = 5,437$	$\sum \alpha_i N_i = 16,3$	$\sum \alpha_i^2 T_i^2 = 5,08$	$\sum \alpha_i^2 T_i N_i = 14,376$	$\sum \alpha_i^2 N_i^2 = 41,14$	

Используя суммарные показатели корреляционной таблицы 7, по формулам (2.2) получаем

$$a_0 = \frac{16,3 \cdot 5,08 - 5,437 \cdot 14,376}{10 \cdot 5,08 - 5,437^2} = 0,22; \quad a_1 = \frac{10 \cdot 14,376 - 5,437 \cdot 16,3}{10 \cdot 5,08 - 5,437^2} = 2,60.$$

Уравнение прогнозной модели линейного вида, полученное с учетом «веса» исходной информации (наблюдений)

$$\hat{N} = 0,22 + 2,60t + \varepsilon$$

Прогноз объемов среднесуточной переработки транспортной системы на 20-й год перспективы:

$$\hat{N} = 0,22 + 2,60 (10 + 10) = 52,22 \text{ тыс.т.}$$

Расхождение с обычным прогнозом составляет  $\Delta N = 52,22 - 46,24 = 5,98$  тыс. т в большую сторону. Это может говорить о том, что обычный прогноз является недооценивающим, что усугубляет возможные ошибки принимаемых решений по развитию исследуемой транспортной системы.

Коэффициент корреляции прогнозной модели, построенной с учетом «веса» информации

$$r_\alpha = \frac{n \sum \alpha_i^2 T_i N_i - \sum \alpha_i T_i \sum \alpha_i N_i}{\sqrt{[n \sum \alpha_i^2 T_i^2 - (\sum \alpha_i T_i)^2] [n \sum \alpha_i^2 N_i^2 - (\sum \alpha_i N_i)^2]}}, \quad (-1 \leq r \leq 1) \quad (2.3)$$

или

$$r_\alpha = \frac{10 \cdot 14,376 - 5,437 \cdot 16,3}{\sqrt{[10 \cdot 5,08 - 5,437^2] [10 \cdot 41,14 - 16,3^2]}} = 0,99.$$

Сравнивая полученное значение коэффициента  $r_\alpha = 0,99$  и ранее рассчитанное для обычной линейной модели  $r = 0,94$ , видим, что прогнозная модель, учитывающая «вес» информации, лучше объясняет имеющиеся исходные данные и, следовательно, имеет более точные прогнозные оценки. *Для целей прогнозирования необходимо использовать прогнозную модель, учитывающую «взвешивание» исходной информации.*

Аналогичные вычисления могут быть выполнены для любой прогнозной модели, в т.ч. нелинейного вида. Так, для экспоненциальной трендовой модели  $\Gamma = e^{(a_0 + a_1 t)} + \varepsilon$ , математическое выражение которой представлено в таблице 4, получены следующие расчетные формулы для нахождения ее параметров:

$$F_\alpha = \sum_{i=1}^n (\alpha_i y_i - \hat{y}_i)^2 \rightarrow \min \quad \text{или} \quad F_\alpha = \sum_{i=1}^n (\alpha_i \ln \Gamma_i - a_0 - a_1 \alpha_i t_i)^2 \rightarrow \min;$$

Система нормальных уравнений

$$\begin{cases} a_0 n + a_1 \sum_{i=1}^n \alpha_i t_i = \sum_{i=1}^n \alpha_i \ln \Gamma_i, \\ a_0 \sum_{i=1}^n \alpha_i t_i + a_1 \sum_{i=1}^n \alpha_i^2 t_i^2 = \sum_{i=1}^n \alpha_i^2 t_i \ln \Gamma_i. \end{cases}$$

Расчетные формулы для нахождения неизвестных коэффициентов экспоненциальной прогнозной модели:

$$\alpha_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i \ln \Gamma_i \sum_{i=1}^n \alpha_i^2 t_i^2 - \sum_{i=1}^n \alpha_i t_i \sum_{i=1}^n \alpha_i^2 t_i \ln \Gamma_i}{n \sum_{i=1}^n \alpha_i^2 t_i^2 - (\sum_{i=1}^n \alpha_i t_i)^2}; \quad \alpha_1 = \frac{n \sum_{i=1}^n \alpha_i^2 t_i \ln \Gamma_i - \sum_{i=1}^n \alpha_i t_i \sum_{i=1}^n \alpha_i \ln \Gamma_i}{n \sum_{i=1}^n \alpha_i^2 t_i^2 - (\sum_{i=1}^n \alpha_i t_i)^2}. \quad (2.4)$$

**ЗАДАЧА №3**  
**«ОЦЕНКА КОЛЕБАНИЙ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ**  
**ПРОГНОЗОВ»**

В задаче №3 требуется определить среднеквадратическое отклонение от среднего значения величины среднесуточного интегрального потока, формируемого из 10 элементарных потоков (таблицы 1, 2).

Таблица 1 – Параметры потоков по родам грузов (пример)

Род груза	Поток, $m_j$ , транспортных единиц	Расчетные параметры прогнозных функций для среднеквадратического отклонения	
		$a_j$	$b_j$
1	150	1.332	0.660
2	210	1.284	0.720
3	175	1.300	0.634
4	145	1.285	0.553
5	205	1.188	0.705
6	125	1.260	0.665
7	210	1.205	0.765
8	180	1.305	0.585
9	240	1.280	0.613
10	290	1.255	0.681

Таблица 2 – Коэффициенты взаимной корреляции частных потоков

$\Gamma_{ij}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-									
2	-0,84	-								
3	0,72	-0,18	-							
4	0,41	0,35	0,22	-						
5	0,21	-0,45	-0,80	0,37	-					
6	-0,05	0,29	0,05	0,52	0,60	-				
7	0,81	-0,11	0,78	0,29	-0,37	-0,44	-			
8	-0,74	0,84	-0,08	-0,38	0,11	-0,24	-0,81	-		
9	-0,54	-0,29	-0,44	-0,08	0,84	-0,36	-0,66	-0,78	-	
10	-0,60	0,35	-0,55	0,07	0,79	0,59	-0,59	-0,71	-0,25	-

В соответствии с теорией колебаний транспортных потоков амплитуду колебаний можно оценить с помощью среднеквадратического отклонения значений транспортных потоков относительно их средней величины.

На основе исследований установлено, что

$$\sigma_j = a_j \bar{m}_j^{b_j}, \text{ тр.ед.}, \quad (1)$$

где  $\bar{m}_j$  – среднее значение транспортного потока  $j$ -го рода груза (таблица 1);

$a_j, b_j$  – эмпирические параметры прогнозной модели (таблица 1).

Для условий примера результаты расчета колебаний частных потоков приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры колебаний элементарных (частных) потоков

Род груза	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\sigma_j$ , тр.ед.	36,368	60,334	34,358	20,14	50,653	31,248	72,025	27,224	36,837	59,640
$\sigma_j^2$ , тр.ед. <sup>2</sup>	1322,662	3640,205	1180,481	405,7	2565,7	976,408	5187,637	741,122	1356,935	3556,915

Далее рассчитывается среднеквадратическое отклонение общего (интегрального) потока, состоящего из 10 элементарных, без учета взаимной корреляции частных потоков между собой:



$$\sigma_{\text{общ}} = \sqrt{\sum_{j=1}^{10} \sigma_j^2}, \text{ тр.ед.} \quad (2)$$

В соответствии с данными таблицы 3, имеем

$$\sigma_{\text{общ}} = \sqrt{1322,662 + 3640,205 + 1180,481 + 405,7 + 2565,7 + 976,408 + 5187,637 + 741,122 + 1356,935 + 3556,915} = \sqrt{20933,8} \approx 145 \text{ тр. ед.}$$

Однако, учет взаимной корреляции отдельных транспортных потоков позволяет уточнить максимальный размах колебаний интегрального потока, и, следовательно, более правильно распределять ресурсы и планировать их переработку.

Коэффициенты взаимной корреляции принимаются по таблице 2. Например, коэффициент взаимной корреляции между 3 и 5 родами грузов равен  $r = -0,80$ . Это означает, что значения 3 и 5 потоков изменяются взаимосвязано друг с другом, однако в противоположных фазах.

Среднеквадратическое отклонение общего (интегрального) потока, состоящего из 10 элементарных, с учетом взаимной корреляции частных потоков между собой:

$$\sigma_{\text{инт}} = \sqrt{\sum_{j=1}^{10} \sigma_j^2 + 2 \sum_{j=1}^9 \sum_{s=j+1}^{10} r_{js} \sigma_j \sigma_s}, \text{ тр.ед.,} \quad (3)$$

где  $r_{js}$  – коэффициент взаимной корреляции между  $j$  и  $s$  родами груза.

Расчислять  $\sigma_{\text{инт}}$  следует в следующем порядке:

Вначале определяется значение суммы  $\sum_{s=j+1}^{10} r_{js} \sigma_j \sigma_s$ . Расчет ведется по итерациям.

Номер итерации соответствует номеру столбца в таблице 2. Например, при  $j=1$

$$\sum_{s=2}^{10} r_{1s} \sigma_1 \sigma_s = r_{1,2} \sigma_1 \sigma_2 + r_{1,3} \sigma_1 \sigma_3 + r_{1,4} \sigma_1 \sigma_4 + r_{1,5} \sigma_1 \sigma_5 + r_{1,6} \sigma_1 \sigma_6 + r_{1,7} \sigma_1 \sigma_7 + r_{1,8} \sigma_1 \sigma_8 + r_{1,9} \sigma_1 \sigma_9 + r_{1,10} \sigma_1 \sigma_{10} =$$

$$= \sigma_1 (r_{1,2} \sigma_2 + r_{1,3} \sigma_3 + r_{1,4} \sigma_4 + r_{1,5} \sigma_5 + r_{1,6} \sigma_6 + r_{1,7} \sigma_7 + r_{1,8} \sigma_8 + r_{1,9} \sigma_9 + r_{1,10} \sigma_{10})$$

или

$$\sum_{s=2}^{10} r_{1s} \sigma_1 \sigma_s = 36,368(-0,84 \cdot 60,334 + 0,72 \cdot 34,358 + 0,41 \cdot 20,14 + 0,21 \cdot 50,653 + (-0,05) \cdot 31,248 + 0,81 \cdot 72,025 + (-0,74) \cdot 27,224 + (-0,54) \cdot 36,837 + (-0,60) \cdot 59,64) \cong -948,85 \text{ тр.ед.}^2$$

При  $j=2$ :

$$\sum_{s=3}^{10} r_{2s} \sigma_2 \sigma_s = r_{2,3} \sigma_2 \sigma_3 + r_{2,4} \sigma_2 \sigma_4 + r_{2,5} \sigma_2 \sigma_5 + r_{2,6} \sigma_2 \sigma_6 + r_{2,7} \sigma_2 \sigma_7 + r_{2,8} \sigma_2 \sigma_8 + r_{2,9} \sigma_2 \sigma_9 + r_{2,10} \sigma_2 \sigma_{10} =$$

$$= \sigma_2 (r_{2,3} \sigma_3 + r_{2,4} \sigma_4 + r_{2,5} \sigma_5 + r_{2,6} \sigma_6 + r_{2,7} \sigma_7 + r_{2,8} \sigma_8 + r_{2,9} \sigma_9 + r_{2,10} \sigma_{10})$$

или

$$\sum_{s=3}^{10} r_{2s} \sigma_2 \sigma_s = 60,334(-0,18 \cdot 34,358 + 0,35 \cdot 20,14 + (-0,45) \cdot 50,653 + 0,29 \cdot 31,248 + (-0,11) \cdot 72,025 + 0,84 \cdot 27,224 + (-0,29) \cdot 36,837 + 0,35 \cdot 59,64) \cong 740,31 \text{ тр.ед.}^2$$

При  $j=3$ :

$$\sum_{s=4}^{10} r_{3s} \sigma_3 \sigma_s = \sigma_3 (r_{3,4} \sigma_4 + r_{3,5} \sigma_5 + r_{3,6} \sigma_6 + r_{3,7} \sigma_7 + r_{3,8} \sigma_8 + r_{3,9} \sigma_9 + r_{3,10} \sigma_{10}) \text{ или}$$

$$\sum_{s=4}^{10} r_{3s} \sigma_3 \sigma_s = 34,358(0,22 \cdot 20,14 + (-0,80) \cdot 50,653 + 0,05 \cdot 31,248 + 0,78 \cdot 72,025 + (-0,08) \cdot 27,224 + (-0,44) \cdot 36,837 + (-0,55) \cdot 59,64) \cong -1014,82 \text{ тр.ед.}^2$$

При  $j=4$ :

$$\sum_{s=5}^{10} r_{4s} \sigma_4 \sigma_s = \sigma_4 (r_{4,5} \sigma_5 + r_{4,6} \sigma_6 + r_{4,7} \sigma_7 + r_{4,8} \sigma_8 + r_{4,9} \sigma_9 + r_{4,10} \sigma_{10}) \text{ или}$$

$$\sum_{s=5}^{10} r_{4s} \sigma_4 \sigma_s = 20,14(0,37 \cdot 50,653 + 0,52 \cdot 31,248 + 0,29 \cdot 72,025 +$$

$$+ (-0,38) \cdot 27,224 + (-0,08) \cdot 36,837 + 0,07 \cdot 59,64) \cong 941,93 \text{ тр.ед.}^2.$$

При  $j=5$ :

$$\sum_{s=6}^{10} r_{5s} \sigma_5 \sigma_s = \sigma_5 (r_{5,6} \sigma_6 + r_{5,7} \sigma_7 + r_{5,8} \sigma_8 + r_{5,9} \sigma_9 + r_{5,10} \sigma_{10}) \text{ или}$$

$$\sum_{s=6}^{10} r_{5s} \sigma_5 \sigma_s = 50,653(0,60 \cdot 31,248 + (-0,37) \cdot 72,025 + 0,11 \cdot 27,224 +$$

$$+ 0,84 \cdot 36,837 + 0,79 \cdot 59,64) \cong 3705,35 \text{ тр.ед.}^2.$$

При  $j=6$ :

$$\sum_{s=7}^{10} r_{6s} \sigma_6 \sigma_s = \sigma_6 (r_{6,7} \sigma_7 + r_{6,8} \sigma_8 + r_{6,9} \sigma_9 + r_{6,10} \sigma_{10}) \text{ или}$$

$$\sum_{s=7}^{10} r_{6s} \sigma_6 \sigma_s = 31,248(-0,44 \cdot 72,025 + (-0,24) \cdot 27,224 +$$

$$+ (-0,36) \cdot 36,837 + 0,59 \cdot 59,64) \cong -509,29 \text{ тр.ед.}^2.$$

При  $j=7$ :

$$\sum_{s=8}^{10} r_{7s} \sigma_7 \sigma_s = \sigma_7 (r_{7,8} \sigma_8 + r_{7,9} \sigma_9 + r_{7,10} \sigma_{10}) \text{ или}$$

$$\sum_{s=8}^{10} r_{7s} \sigma_7 \sigma_s = 72,025(-0,81 \cdot 27,224 + (-0,66) \cdot 36,837 + (-0,59) \cdot 59,64) \cong -5873,71 \text{ тр.ед.}^2.$$

При  $j=8$ :

$$\sum_{s=9}^{10} r_{8s} \sigma_8 \sigma_s = \sigma_8 (r_{8,9} \sigma_9 + r_{8,10} \sigma_{10}) \text{ или}$$

$$\sum_{s=9}^{10} r_{8s} \sigma_8 \sigma_s = 27,224(-0,78 \cdot 36,837 + (-0,71) \cdot 59,64) \cong -1934,97 \text{ тр.ед.}^2.$$

При  $j=9$ :

$$\sum_{s=10}^{10} r_{9s} \sigma_9 \sigma_s = r_{9,10} \sigma_9 \sigma_{10} \text{ или}$$

$$\sum_{s=10}^{10} r_{9s} \sigma_9 \sigma_s = -0,25 \cdot 36,837 \cdot 59,64 \cong -549,23 \text{ тр.ед.}^2.$$

Далее определяется величина слагаемого  $\sum_{j=1}^9 \sum_{s=j+1}^{10} r_{js} \sigma_j \sigma_s$ . Для примера

$$\sum_{j=1}^9 \sum_{s=j+1}^{10} r_{js} \sigma_j \sigma_s = -948,85 + 740,31 - 1014,82 + 941,93 + 3705,35 - 509,29 - 5873,71 - 1934,97 - 549,23 \cong$$

$$\cong -5443,27 \text{ тр.ед.}^2$$

Среднеквадратическое отклонение общего (интегрального) потока с учетом взаимной корреляции частных потоков

$$\sigma_{\text{инт}} = \sqrt{20993,8 + 2(-5443,27)} = 100,24 \approx 100 \text{ тр. ед.}$$

При сравнении двух переменных  $\sigma_{\text{общ}}$  и  $\sigma_{\text{инт}}$  возможны следующие случаи:

1.  $\sigma_{\text{общ}} > \sigma_{\text{инт}}$ . Это означает, что преобладает отрицательная корреляция между частными потоками грузов. Предпочтительная ситуация для работы транспортной системы.

2.  $\sigma_{\text{общ}} < \sigma_{\text{инт}}$ . Это означает, что преобладает положительная корреляция между частными потоками грузов. Такая ситуация наиболее неблагоприятная для работы транспортной системы.

3.  $\sigma_{\text{общ}} \approx \sigma_{\text{инт}}$ . Это означает, что взаимная корреляция между частными потоками практически отсутствует либо отрицательная взаимосвязь компенсируется положительной.

Для условий примера  $\sigma_{\text{общ}} = 145$  тр.ед.,  $\sigma_{\text{инт}} = 100$  тр.ед. Следовательно, уменьшение потоков одних грузов частично компенсируются увеличением потоков других (преобладает отрицательная взаимосвязь между частными потоками), что способствует стабилизации интегрального потока. Графическая интерпретация этого процесса показана на рисунке 1.

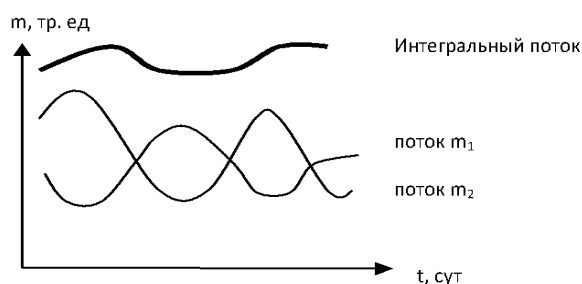


Рисунок 1 – Эффект компенсации колебаний транспортных потоков

В заключении необходимо рассчитать максимальные и минимальные значения интегрального потока по формулам (с использованием правила «трех сигм»):

$$m_{\text{макс}} = \sum_{j=1}^{10} \bar{m}_j + 3\sigma_{\text{инт}}, \text{ тр.ед.}; \quad (4)$$

$$m_{\text{мин}} = \sum_{j=1}^{10} \bar{m}_j - 3\sigma_{\text{инт}}, \text{ тр.ед.}. \quad (5)$$

Эти значения будут характеризовать неопределенность изменения интегрального потока (его верхнюю и нижнюю границы и размах колебаний). Для условий примера

$$m_{\text{макс}} = 1930 + 3 \cdot 100 = 2230 \text{ тр.ед.}; \quad (4)$$

$$m_{\text{мин}} = 1930 - 3 \cdot 100 = 1630 \text{ тр.ед.}. \quad (5)$$

Наибольшую значимость имеет максимальная величина суммарного транспортного потока, т.к. она характеризует уровень потребной пропускной (перерабатывающей) способности, которой должна соответствовать мощность транспортных систем.

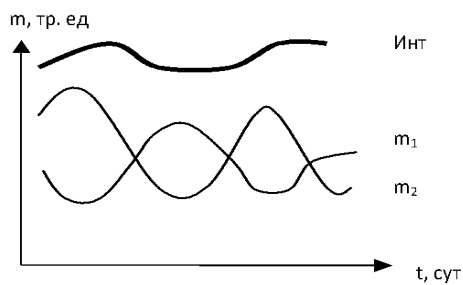
Вывод:

1. Показать наиболее неопределенный частный поток и наименее неопределенный.
2. Сравнить две переменные  $\sigma_{\text{общ}}$  и  $\sigma_{\text{инт}}$  и дать обоснованный вывод по результатам сравнения.
3. Привести значения максимального и минимального интегрального потоков.

#### Контрольные вопросы

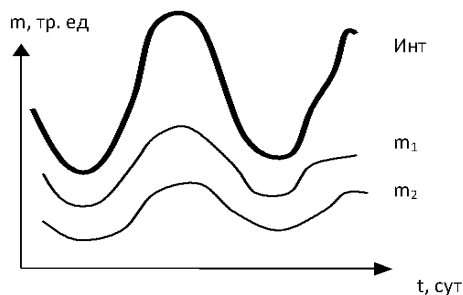
1. Как оцениваются колебания транспортных потоков на основе вероятностного подхода?
2. В чем выражается необходимость учета колебаний транспортных потоков?
3. Какие существуют теоретические подходы к оценке колебаний транспортных потоков?
4. Что такое коэффициент взаимной корреляции частных транспортных потоков? Покажите на примере его сущность.
5. Почему необходимо учитывать взаимную корреляцию транспортных потоков при оценке их колебаний?

6. Как происходит компенсация колебаний транспортных потоков (рисунок)?



Рисунок

7. Как происходит резонанс колебаний транспортных потоков (рисунок)?



Рисунок

8. Что такое неопределенность изменения транспортного потока?

9. Для чего определяется максимальный транспортный поток?

10. Какие потоки будут иметь более устойчивое состояние и меньшую неопределенность: с постоянным значением среднесуточной величины или с небольшими значениями среднесуточных значений?

## 6. Вспомогательный блок

### 6.1 учебная программа для специальности 1-44 01 03

Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет транспорта»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор учреждения  
образования «Белорусский  
государственный университет  
транспорта»

В.Я. Негрей

« 11 » 06 2015

Регистрационный № УД-38.23 / уч.

#### ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине  
для специальности:

1-44 01 03 Организация перевозок и управление на железнодорожном  
транспорте

2015

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта  
ОСВО 1-44 01 03-2013 «Организация перевозок и управление на железнодорожном  
транспорте».

## **СОСТАВИТЕЛИ:**

В. Я. Негрей, первый проректор учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта», доктор технических наук, профессор;  
С. А. Пожидаев, заведующий кафедрой «Транспортные узлы» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта», кандидат технических наук;

Н. В. Кирик, ассистент кафедры «Транспортные узлы» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта».

## **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой «Транспортные узлы» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта»  
(протокол № 4 (8) от « 24 » апреля 2015 г.);

научно-методической комиссией факультета управления процессами перевозок учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта»  
(протокол № 5 от « 27 » мая 2015 г.);

научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта»  
(протокол № 4 от « 4 » июня 2015 г.).

## **ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

### **Актуальность изучения учебной дисциплины**

В рыночных условиях хозяйствования сложность принятия оптимальных решений неимоверно возросла. Увеличивается неопределенность изменения условий функционирования транспорта. В тоже время, мероприятия по развитию транспорта, транспортно-логистических систем для обеспечения потребностей производственной сферы экономики, туристического бизнеса, населения в перевозках и повышения качества транспортных услуг рассчитываются на долгосрочную перспективу и являются капиталоемкими. Ошибки в прогнозах здесь приводят к значительным материальным потерям. В связи с этим для определения параметров инфраструктуры железнодорожного транспорта, потребной мощности транспортных систем, средств и коммуникаций необходимы, прежде всего, достаточно точные прогнозы транспортных нагрузок, что будет способствовать принятию эффективных решений, уменьшению потерь от ошибок проектирования и снижению производственных рисков. На основе прогнозной информации и информационной модели вырабатываются стратегии развития железнодорожного транспорта, планы и программы по их реализации. Использование прогнозной информации позволяет также заблаговременно подготовиться к негативным ситуациям с целью их предотвращения или уменьшения отрицательных последствий. Таким образом, важно, чтобы в процессе обучения студент освоил современные методы разработки прогнозов и приобрел навыки по их применению, а также умел компетентно использовать прогнозы в профессиональной деятельности для прогнозирования развития транспортно-логистических и региональных транспортных систем.

Программа разработана на основе компетентностного подхода, требований к формированию компетенций, сформулированных в образовательном стандарте

ОСВО 1-44 01 03-2013 «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте».

Дисциплина относится к циклу общепрофессиональных и специальных дисциплин (дисциплины по выбору студента), осваиваемых студентами специальности 1-44 01 03 «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте».

Знания и умения, полученные при изучении дисциплины, используются в дипломном проектировании, при выполнении НИРС и при изучении дисциплин II степени высшего образования.

#### **Цели и задачи учебной дисциплины**

Целью дисциплины является формирование знаний, умений и профессиональных компетенций по основам прогнозирования и прогнозных взглядов на развитие транспорта, практическое освоение современных методов прогнозирования изменения показателей транспортных процессов в условиях неопределенности.

Полученные студентами знания позволят расширить информационное поле изучения профилирующих дисциплин. Изучение дисциплины «Основы прогнозирования» предполагает решение следующих основных задач:

раскрытие роли прогнозного подхода при разработке проектов и управлении транспортом, прогнозной оценки принимаемых решений, использования достижений НТП и инноваций на транспорте, как условия его постоянного совершенствования и повышения конкурентоспособности;

формирование у студентов практических навыков использования методологических подходов и процедур прогнозирования при разработке прогнозов в транспортных системах в условиях неопределенности;

познание методов и инструментов прогнозирования показателей транспортных процессов, области применения и их совместного использования. Сравнительный анализ и выбор методов прогнозирования для целей прогнозирования;

приобретение практических навыков разработки прогнозных моделей оптимальной сложности и определения перспективных значений параметров объектов прогнозирования;

выработка умения оценивать неопределенность прогнозов и исходной информации, ознакомление с основами теории колебаний транспортных нагрузок;

обучение студентов процедурам верификации прогнозов и методам оценки эффективности мероприятий, направленных на ускорение научно-технического прогресса и внедрения инноваций на транспорте.

#### **Требования к уровню освоения содержания учебной дисциплины**

В результате изучения дисциплины студент должен закрепить и развить следующие академические (АК), социально-личностные (СЛК) и профессиональные (ПК) компетенции, предусмотренные в образовательном стандарте ОСВО 1-44 01 03-2013 «Организация перевозок и управление на железнодорожном транспорте»:

**АК-1.** Владеть и применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;

**АК-2.** Владеть системным и сравнительным анализом;

**АК-3.** Владеть исследовательскими навыками;

**АК-4.** Уметь работать самостоятельно;

**АК-5.** Быть способным выдвигать новые идеи (обладать креативностью);

- АК-6.** Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- АК-7.** Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- АК-8.** Обладать навыками устной и письменной коммуникации;
- АК-9.** Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни;
- СЛК-1.** Обладать качествами гражданственности;
- СЛК-2.** Быть способностью к социальному взаимодействию;
- СЛК-3.** Обладать способностью к межличностным коммуникациям;
- СЛК-4.** Владеть навыками здоровьесбережения;
- СЛК-5.** Иметь способность к критике и самокритике;
- СЛК-6.** Уметь работать в коллективе;
- ПК-3.** Организовывать работу исполнителей, находить и принимать управленческие решения для достижения поставленных целей в условиях различных мнений;
- ПК-4.** Разрабатывать, представлять и согласовывать представляемые материалы;
- ПК-6.** Готовить доклады, материалы к презентациям и представлять на них;
- ПК-7.** Пользоваться глобальными информационными ресурсами;
- ПК-8.** Уметь работать со справочно-нормативной и нормативно-справочной документацией;
- ПК-21.** Проводить технико-экономический анализ транспортной деятельности;
- ПК-22.** Рассчитывать экономическую эффективность проектных и технологических решений;
- ПК-23.** Принимать технико-экономические решения с учетом факторов, влияющих на работу транспорта и транспортных объектов;
- ПК-27.** Исследовать рынок транспортных услуг;
- ПК-28.** Прогнозировать размеры и планировать перевозки пассажиров и грузов;
- ПК-30.** Оценивать эффективность принимаемых решений с учетом конъюнктуры рынка;
- ПК-34.** Разрабатывать технические задания на проектирование транспортных объектов с учетом результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;
- ПК-36.** Осуществлять комплексную оценку эффективности функционирования транспортных систем и объектов.
- ПК-48.** Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективам развития транспорта, инновационным технологиям перевозочного процесса, проектам и решениям;
- ПК-49.** Определять цели инноваций и способы их достижения в сфере профессиональной деятельности.

Для приобретения профессиональных компетенций ПК-3, ПК-4, ПК-6 – ПК-8, ПК-21 – ПК-23, ПК-27, ПК-28, ПК-30, ПК-34, ПК-36, ПК-48, ПК-49 в результате изучения дисциплины студент должен

знать:

методические основы разработки прогнозов и процесс прогнозного исследования;

методы прогнозирования, области применения различных прогнозов;

теоретические основы определения перспективных значений параметров объекта прогнозирования;



источники ошибок прогнозов, методы оценки их влияния на точность прогнозирования;

уметь и быть способным:

анализировать исходные данные и осуществлять выбор методов прогнозирования;

определять параметры прогнозных моделей и выбирать оптимальные модели;

производить прогнозные расчеты и оценивать неопределенность прогнозов;

компетентно использовать прогнозы в профессиональной деятельности.

### **Структура содержания учебной дисциплины**

Содержание дисциплины представлено в виде разделов и тем, которые характеризуются относительно самостоятельными укрупненными дидактическими единицами содержания обучения. Содержание тем опирается на приобретенные ранее студентами компетенции при изучении естественнонаучных дисциплин «Математика», «Информатика» и «Математические модели в транспортных системах», общепрофессиональных и специальных дисциплин «Управление грузовой и коммерческой работой» и «Управление эксплуатационной работой».

Дисциплина изучается в 6 семестре (форма получения высшего образования – дневная); в 6, 7, 8 и 9 семестрах (форма получения высшего образования – заочная).

В соответствии с учебным планом на изучение дисциплины отведено всего 96 часов, в том числе 64 часа аудиторных, из них лекции – 34 часа, практические занятия – 30 часов. Форма текущей аттестации – зачет. Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

### **Распределение аудиторных часов по семестрам, видам занятий (для заочной формы обучения)**

Семестр	Всего ауд. часов по дневной форме обучения	Всего ауд. часов по заочной форме обучения				Самостоятельное изучение тем курса, часов	Форма отчетности
		всего	лекции	практические занятия	СУРС		
6	32	6	4	2		30	
7	32	8	2	2	4	20	зачет
Всего	64	14	6	4	4	50	

### **Распределение аудиторных часов по семестрам, видам занятий (для заочной формы обучения, сокращенная форма)**

Семестр	Всего ауд. часов по дневной форме обучения	Всего ауд. часов по заочной форме обучения				Самостоятельное изучение тем курса, часов	Форма отчетности
		всего	лекции	практические занятия	СУРС		
8	32	6	4	2		30	
9	32	8	2	2	4	20	зачет
Всего	64	14	6	4	4	50	

## **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

### **РАЗДЕЛ I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ**

**Тема 1. Роль и задачи теории прогнозирования в совершенствовании работы железнодорожного транспорта. Сущность, предмет, объект и подходы к прогнозированию**

Необходимость разработки прогнозов, функции и задачи прогнозирования. Основные понятия и определения теории прогнозирования. Объекты прогнозирования. Основные принципы прогнозирования и их реализация. Схемы

функционирования прогнозирующих систем. Требования к прогнозирующим системам на железнодорожном транспорте. Классификация (типология) прогнозов (виды прогнозов).

### **Тема 2. Методологические основы разработки прогнозов в транспортных системах в условиях неопределенности**

Понятие неопределенности исходной информации и прогноза. Методы оценки неопределенностей. Процедуры прогнозирования. Основные эвристики, используемые экспертами при долгосрочном прогнозировании. Прогнозирование инновационного развития железнодорожного транспорта (основные направления).

## **РАЗДЕЛ II. МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ**

### **Тема 1. Классификация методов прогнозирования и их характеристика**

Интуитивные (эвристические) методы прогнозирования. Формальные методы прогнозирования. Комбинированные методы прогнозирования. Общенаучные методы. Методы верификации прогнозов. Преимущества и недостатки методов. Направления развития методов прогнозирования транспортных процессов. Область применения различных методов прогнозирования и их совместное использование. Сравнительный анализ методов прогнозирования.

### **Тема 2. Интуитивные (эвристические) методы прогнозирования**

Индивидуальные экспертные оценки: Метод интервью. Аналитический метод. «Дерево целей» как нормативный метод прогнозирования. Преимущества и недостатки методов. Метод исторической аналогии. Коллективные экспертные оценки: этапы проведения экспертизы. Принципы и проблемы формирования коллектива экспертов. Расчет количества экспертов в коллективе. Организация опроса экспертов. Обработка мнений экспертов без учета «веса» экспертов. Обработка результатов эксперимента с учетом весовых коэффициентов экспертов. Расчет степени согласованности мнений экспертов в коллективе и контроль компетентности экспертов. Оценка неопределенности прогноза. Особенности применения методов экспертных оценок: «Мозговая атака» и его разновидности, «Дельфи», метод ранговых корреляций, метод разработки сценариев (виды сценариев).

### **Тема 3. Фактографические (формальные) методы прогнозирования количественных параметров транспортных процессов**

Группа экстраполяционных методов прогнозирования. Стадии разработки прогнозов. Требования к исходной информации. Типы исходных данных. Модели данных, представляемые временными рядами. Выбор формальных методов по компонентному признаку поведения данных.

### **Тема 4. Автокорреляционные функции (АКФ). Анализ временных рядов показателей транспортных процессов с помощью АКФ**

Определение автокорреляции и авторегрессии. Расчет АКФ. Порядок расчета. Исследование данных с помощью автокорреляционного анализа. Свойства АКФ. Графики АКФ для основных моделей поведения данных (стационарных, трендовых, циклических, сезонных, случайных). Понятие частной АКФ.

### **Тема 5. Прогнозирование показателей транспортных процессов методами корреляционного и регрессионного анализа**

Прогнозирование тренда основных показателей работы железнодорожного транспорта на основе регрессионного анализа. Учет неопределенности исходной информации. Методика оценки «веса» информации в прогнозных моделях. Расчет весовых коэффициентов. Трендовые модели основных показателей работы

железнодорожного транспорта с учетом «веса» исходной информации. Измерение ошибки прогноза. Расчет MAD, MSE и RMSE, MAPE, MPE. Критерии выбора прогнозной модели. Расчет коэффициентов корреляции и детерминации. Проверка коэффициентов корреляции и детерминации на значимость. Их недостатки. Скорректированный коэффициент детерминации. Расчет статистики Дарбина-Уотсона. Преодоление автокорреляции остатков прогнозных моделей. Прогнозирование транспортных потоков методами множественной регрессии. Автоматизация прогнозных расчетов.

#### **Тема 6. Динамические методы прогнозирования (методы АРПСС). Основы методологии Бокса-Дженкинса**

Основы теории Бокса-Дженкинса. Процесс авторегрессии (АР) в АРПСС. Процесс скользящего среднего (СС) в АРПСС. Смешанные модели АРПСС (АРСС). Модели АРПСС с обычными и сезонными разностями. Проверка адекватности прогнозных динамических моделей (АР, СС, АРСС, АРПСС) исходным данным. Применение прикладных компьютерных программ для автоматизации построения моделей АРПСС и выполнения прогнозных расчетов.

### **РАЗДЕЛ III. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ**

#### **Тема 1. Адаптивные методы прогнозирования**

Сущность адаптивных методов прогнозирования. Схема работы адаптивных методов. Основные этапы алгоритма направленного отбора вариантов прогнозной модели. Граф вариантов прогнозных моделей. Расчет прогнозных коэффициентов на основе МНК. Критерии качества прогноза. Принципы поиска минимума критерия качества. Расчет абсолютного и относительного критерия качества. Особенности применения адаптивных методов при периоде упреждения, превышающем период корреляции.

#### **Тема 2. Искусственные нейронные сети (ИНС)**

Сущность нейросетевых методов прогнозирования. Парадигма ИНС. Математические функции нейрона. Классификация ИНС. Обучение нейронных сетей. Прогнозирование с помощью ИНС.

#### **Тема 3. Синтез прогнозных альтернатив**

Понятие комбинированного прогноза. Основные этапы формирования комбинированных прогнозов. Граф вариантов комбинированных прогнозов. Исключение противоречивых частных прогнозов. Синтез комбинированного прогноза для различных классов. Синтез комбинированного прогноза с учетом «веса» частных прогнозов. Критерии отбора оптимального комбинированного прогноза. Требования к критериям. Расчет основных критериев. Прогнозирование резких изменений в транспортных процессах.

### **РАЗДЕЛ IV. СТОХАСТИЧНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ НАГРУЗОК, УЧЕТ ИХ КОЛЕБАНИЙ В ПРОГНОЗАХ. ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОГНОЗОВ И ОЦЕНКА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

#### **Тема 1. Вероятностный подход к оценке колебаний транспортных нагрузок**

Основные причины колебаний транспортных нагрузок. Теоретические зоны действия законов распределения колебаний транспортных нагрузок. Прогноз суточных колебаний транспортных нагрузок. Расчет абсолютных и относительных параметров колебаний транспортных нагрузок. Взаимная корреляция транспортных нагрузок. Прогнозирование колебаний транспортных нагрузок на произвольный период времени  $T < 24$  ч. Выбор прогнозных моделей при колебаниях интервалов интенсивности транспортных нагрузок.

## **Тема 2. Прогнозирование пропускной способности устройств и коммуникаций железнодорожного транспорта**

Наличная пропускная способность. Потребная пропускная способность. Прогнозирование резерва наличной пропускной способности.

## **Тема 3. Методы верификации прогнозов. Оценка эффективности мероприятий, направленных на ускорение научно-технического прогресса (НТП) и внедрение инноваций**

Ошибки прогнозов, их классификация. Методы верификации. Взаимосвязь прогноза величины транспортных нагрузок с выбором параметров транспортных коммуникаций. Оценка эффективности мероприятий, направленных на ускорение НТП и внедрение инноваций.

## **ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **Методы (технологии) обучения**

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных занятиях;

элементы учебно-исследовательской деятельности, реализация творческого подхода, реализуемые на практических занятиях и при самостоятельной работе.

### **Организация самостоятельной работы студентов**

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;

управляемая самостоятельная работа в виде выполнения индивидуальных расчетных заданий с консультациями преподавателя;

подготовка рефератов по индивидуальным темам.

### **Диагностика компетенций студента**

Оценка учебных достижений студента производится по системе «зачет–незачет».

Для оценки достижений студентов используется следующий диагностический инструментарий (в скобках – какие компетенции проверяются):

выступление студента на конференции по подготовленным материалам (АК-1 – АК-7; СЛК-1 – СЛК-6; ПК-3; ПК-4; ПК 6 – ПК-8; ПК-21 – ПК 23);




проведение текущих контрольных опросов по отдельным разделам и темам (АК-1 – АК-3; АК-8; СЛК-5; ПК-8, ПК-21 – ПК 23; ПК-27; ПК-28; ПК-30; ПК-34; ПК-36; ПК-48; ПК 49);

защита выполненных на практических занятиях индивидуальных заданий (СЛК-5; ПК-8, ПК-21 – ПК 23; ПК-27; ПК-28);

контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под руководством преподавателя в соответствии с расписанием (АК-1 – АК-3; АК-8; СЛК-5; ПК-8, ПК-21 – ПК 23; ПК-27; ПК-28; ПК-30; ПК-34; ПК-36; ПК-48; ПК 49);

сдача зачета по дисциплине (АК-1 – АК-3; АК-8; СЛК-5; ПК-8, ПК-21 – ПК 23; ПК-27; ПК-28; ПК-30; ПК-34; ПК-36; ПК-48; ПК 49).

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ»  
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу
«Управление эксплуатационной работой»	УЭР		
«Управление грузовой и коммерческой работой»	УГКР		
«Железнодорожные станции и узлы»	ТУ		

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ  
ПО ИЗУЧАЕМОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ»  
НА 2016 / 2017 УЧЕБНЫЙ ГОД**

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание
1.	Добавлено в перечень законодательных и нормативных актов: Государственная программа развития транспортного комплекса Республики Беларусь на 2016 – 2020 годы. Утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 апреля 2016 г. № 345. – <a href="http://www.government.by/ru/solutions/2482">http://www.government.by/ru/solutions/2482</a> .	Для усовершенствования учебного процесса

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «Транспортные узлы» (протокол № 5 (10) от 03.06.2016 г.).

Заведующий кафедрой  
к.т.н., доцент



С.А. Пожидаев

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
к.т.н., профессор



Н.П. Берлин

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
к.т.н., доцент



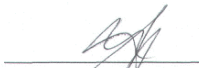
В.В. Пигунов

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ  
ПО ИЗУЧАЕМОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ»  
НА 2016 / 2017 УЧЕБНЫЙ ГОД**

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание
1.	Добавлено в перечень законодательных и нормативных актов: Государственная программа развития транспортного комплекса Республики Беларусь на 2016 – 2020 годы. Утв. Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 28 апреля 2016 г. № 345. – <a href="http://www.government.by/ru/solutions/2482">http://www.government.by/ru/solutions/2482</a> .	Для усовершенствования учебного процесса

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «Транспортные узлы» (протокол № 5 (10) от 03.06.2016 г.).

Заведующий кафедрой  
к.т.н., доцент  С.А. Пожидаев

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
к.т.н., профессор  Н.П. Берлин

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
к.т.н., доцент  В.В. Пигунов

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ  
ПО ИЗУЧАЕМОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ»  
НА 2017 / 2018 УЧЕБНЫЙ ГОД**

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание
1.	Добавлено в законодательные и нормативные акты: Об утверждении Концепции развития хозяйства перевозок Белорусской железной дороги на 2016-2020 гг. Утв. приказом Начальника Белорусской железной дороги от 07 декабря 2016 г. № 350Н.	Для усовершенствования учебного процесса

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры «Транспортные узлы» (протокол № 7 от 19.05.2017 г.).

Заведующий кафедрой  
д.т.н.  А.К. Головнич

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
к.т.н., профессор  Н.П. Берлин

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета  
к.т.н., доцент  В.В. Пигунов



## 6.2 учебная программа для специальности 1-44 01 04

Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет транспорта»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор учреждения  
образования «Белорусский  
государственный университет  
транспорта»

В.Я. Негрей

« 18 » 05 2016

Регистрационный № УД- 38.25 / уч.

### ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине  
для специальности:

1-44 01 04 Организация перевозок и управление на речном транспорте

2016

Учебная программа составлена на основе типовой учебной программы «Основы прогнозирования» от «8» января 2011 г., регистрационный № ТД-І.608/тип. и образовательного стандарта ОСВО 1-44 01 04-2013 «Организация перевозок и управление на речном транспорте».

## **СОСТАВИТЕЛИ:**

В. Я. Негрей, первый проректор учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта», доктор технических наук, профессор;  
С. А. Пожидаев, заведующий кафедрой «Транспортные узлы» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта», кандидат технических наук;

Н. В. Кирик, старший преподаватель кафедры «Транспортные узлы» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта».

## **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой «Транспортные узлы» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта»  
(протокол № 4 (9) от « 22 » апреля 2016 г.);

научно-методической комиссией факультета управления процессами перевозок учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта»  
(протокол № 5 от « 16 » мая 2016 г.);

научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта»  
(протокол № 4 от « 17 » мая 2016 г.).

Ответственный за редакцию: Н. В. Кирик

Ответственный за выпуск: Н. В. Кирик

## **ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

### **Актуальность изучения учебной дисциплины**

В рыночных условиях хозяйствования сложность принятия оптимальных решений неимоверно возросла. Увеличивается неопределенность изменения условий функционирования транспорта. В тоже время, мероприятия по развитию транспорта, транспортно-логистических систем для обеспечения потребностей производственной сферы экономики, туристического бизнеса, населения в перевозках и повышения качества транспортных услуг рассчитываются на долгосрочную перспективу и являются капиталоемкими. Ошибки в прогнозах здесь приводят к значительным материальным потерям. В связи с этим для определения параметров инфраструктуры речного транспорта, потребной мощности транспортных систем, средств и коммуникаций необходимы, прежде всего, достаточно точные прогнозы транспортных нагрузок, что будет способствовать принятию эффективных решений, уменьшению потерь от ошибок проектирования и снижению производственных рисков. На основе прогнозной информации и информационной модели вырабатываются стратегии развития речного транспорта, планы и программы по их реализации. Использование прогнозной информации позволяет также заблаговременно подготовиться к негативным ситуациям с целью их предотвращения или уменьшения отрицательных последствий. Таким образом, важно, чтобы в процессе обучения студент освоил современные методы разработки прогнозов и приобрел навыки по их применению, а также умел компетентно использовать прогнозы в



профессиональной деятельности для прогнозирования развития транспортно-логистических и региональных транспортных систем.

Программа разработана на основе компетентного подхода, требований к формированию компетенций, сформулированных в образовательном стандарте ОСВО 1–44 01 04–2013 «Организация перевозок и управление на речном транспорте».

Дисциплина относится к циклу общепрофессиональных и специальных дисциплин, осваиваемых студентами специальности 1–44 01 04 «Организация перевозок и управление на речном транспорте».

Знания и умения, полученные при изучении дисциплины, используются в дипломном проектировании, при выполнении НИРС и при изучении дисциплин II ступени высшего образования.

### **Цели и задачи учебной дисциплины**

Целью дисциплины является формирование знаний, умений и профессиональных компетенций по основам прогнозирования и прогнозных взглядов на развитие транспорта, практическое освоение современных методов прогнозирования изменения показателей транспортных процессов в условиях неопределенности.

Полученные студентами знания позволят расширить информационное поле изучения профилирующих дисциплин. Изучение дисциплины «Основы прогнозирования» предполагает решение следующих основных задач:

раскрытие роли прогнозного подхода при разработке проектов и управлении транспортом, прогнозная оценка принимаемых решений, использования достижений НТП и инноваций на транспорте, как условия его постоянного совершенствования и повышения конкурентоспособности;

формирование у студентов практических навыков использования методологических подходов и процедур прогнозирования при разработке прогнозов в транспортных системах в условиях неопределенности;

познание методов и инструментов прогнозирования показателей транспортных процессов, области применения и их совместного использования. Сравнительный анализ и выбор методов прогнозирования для целей прогнозирования;

приобретение практических навыков разработки прогнозных моделей оптимальной сложности и определения перспективных значений параметров объектов прогнозирования;

выработка умения оценивать неопределенность прогнозов и исходной информации, ознакомление с основами теории колебаний транспортных нагрузок;

обучение студентов процедурам верификации прогнозов и методам оценки эффективности мероприятий, направленных на ускорение научно-технического прогресса и внедрения инноваций на транспорте.

### **Требования к уровню освоения содержания учебной дисциплины**

В результате изучения дисциплины студент должен закрепить и развить следующие академические (АК), социально-личностные (СЛК) и профессиональные (ПК) компетенции, предусмотренные в образовательном стандарте ОСВО 1–44 01 04–2013 «Организация перевозок и управление на речном транспорте»:

**АК-1.** Владеть и применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;

**АК-2.** Владеть системным и сравнительным анализом;

- АК-3. Владеть исследовательскими навыками;
- АК-4. Уметь работать самостоятельно;
- АК-5. Быть способным выдвигать новые идеи (обладать креативностью);
- АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации;
- АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни;
- СЛК-1. Обладать качествами гражданственности;
- СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию;
- СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям;
- СЛК-4. Владеть навыками здоровьесбережения;
- СЛК-5. Иметь способность к критике и самокритике;
- СЛК-6. Уметь работать в команде;
- ПК-5. Готовить доклады, материалы к презентациям и представлять их на них;
- ПК-6. Пользоваться глобальными информационными ресурсами;
- ПК-7. Уметь работать с нормативно-правовой документацией;
- ПК-12. Разрабатывать мероприятия технической эксплуатации объектов инфраструктуры и транспортных средств речного транспорта;
- ПК-17. Принимать технико-экономические решения с учетом факторов, влияющих на работу транспорта и транспортных объектов;
- ПК-20. Исследовать рынок транспортных услуг, прогнозировать его развитие;
- ПК-23. Оценивать эффективность принимаемых решений с учетом конъюнктуры рынка;
- ПК-26. Осуществлять комплексную оценку эффективности функционирования транспортных систем и объектов.

Для приобретения профессиональных компетенций ПК-5 – ПК-7, ПК-12, ПК-17, ПК-20, ПК-23, ПК-26 в результате изучения дисциплины студент должен

*знать:*

методические основы разработки прогнозов и процесс прогнозного исследования;

методы прогнозирования, области применения различных прогнозов; теоретические основы определения перспективных значений параметров объекта прогнозирования;

источники ошибок прогнозов, методы оценки их влияния на точность прогнозирования;

*уметь и быть способным:*

анализировать исходные данные и осуществлять выбор методов прогнозирования;

определять параметры прогнозных моделей и выбирать оптимальные модели;

производить прогнозные расчеты и оценивать неопределенность прогнозов;

компетентно использовать прогнозы в профессиональной деятельности;

*владеть:*

практическими навыками при разработке прогнозов с использованием различных методов прогнозирования.

### **Структура содержания учебной дисциплины**

Содержание дисциплины представлено в виде разделов и тем, которые характеризуются относительно самостоятельными укрупненными дидактическими

единицами содержания обучения. Содержание тем опирается на приобретенные ранее студентами компетенции при изучении естественнонаучных дисциплин «Математика», «Информатика» и «Математические модели в транспортных системах», общепрофессиональных и специальных дисциплин «Общий курс транспорта», «Взаимодействие видов транспорта» и «Комплексная механизация и автоматизация погрузочно-разгрузочных работ».

Дисциплина изучается в 5 семестре. Форма получения высшего образования – дневная.

В соответствии с учебным планом на изучение дисциплины отведено всего 80 часов, в том числе 48 часов аудиторных, из них лекции – 34 часа, практические занятия – 14 часов. Форма текущей аттестации – зачет. Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы.

## **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

### **РАЗДЕЛ I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ**

#### **Тема 1. Роль и задачи теории прогнозирования в совершенствовании работы речного транспорта. Сущность, предмет, объект и подходы к прогнозированию**

Необходимость разработки прогнозов, функции и задачи прогнозирования. Основные понятия и определения теории прогнозирования. Объекты прогнозирования. Основные принципы прогнозирования и их реализация. Схемы функционирования прогнозирующих систем. Требования к прогнозирующим системам на речном транспорте. Классификация (типология) прогнозов (виды прогнозов).

#### **Тема 2. Методологические основы разработки прогнозов в транспортных системах в условиях неопределенности**

Понятие неопределенности исходной информации и прогноза. Методы оценки неопределенностей. Процедуры прогнозирования. Основные эвристики, используемые экспертами при долгосрочном прогнозировании. Прогнозирование инновационного развития речного транспорта (основные направления).

### **РАЗДЕЛ II. МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ**

#### **Тема 1. Классификация методов прогнозирования и их характеристика**

Интуитивные (эвристические) методы прогнозирования. Фактографические (формальные) методы прогнозирования. Комбинированные методы прогнозирования. Общенаучные методы. Методы верификации прогнозов. Преимущества и недостатки методов. Направления развития методов прогнозирования транспортных процессов. Область применения различных методов прогнозирования и их совместное использование. Сравнительный анализ методов прогнозирования.

#### **Тема 2. Интуитивные (эвристические) методы прогнозирования**

Индивидуальные экспертные оценки: Метод интервью. Аналитический метод. «Дерево целей» как нормативный метод прогнозирования. Преимущества и недостатки методов. Метод исторической аналогии. Коллективные экспертные оценки: этапы проведения экспертизы. Принципы и проблемы формирования коллектива экспертов. Расчет количества экспертов в коллективе. Организация опроса экспертов. Обработка мнений экспертов без учета «веса» экспертов. Обработка результатов эксперимента с учетом весовых коэффициентов экспертов. Расчет степени согласованности мнений экспертов в коллективе и контроль

компетентности экспертов. Оценка неопределенности прогноза. Особенности применения методов экспертных оценок: «Мозговая атака» и его разновидности, «Дельфи», метод ранговых корреляций, метод разработки сценариев (виды сценариев).

### **Тема 3. Фактографические (формальные) методы прогнозирования количественных параметров транспортных процессов**

Группа экстраполяционных методов прогнозирования. Стадии разработки прогнозов. Требования к исходной информации. Типы исходных данных. Модели данных, представляемые временными рядами. Выбор формальных методов по компонентному признаку поведения данных.

### **Тема 4. Автокорреляционные функции (АКФ). Анализ временных рядов показателей транспортных процессов с помощью АКФ**

Определение автокорреляции и авторегрессии. Расчет АКФ. Порядок расчета. Исследование данных с помощью автокорреляционного анализа. Свойства АКФ. Графики АКФ для основных моделей поведения данных (стационарных, трендовых, циклических, сезонных, случайных). Понятие частной АКФ.

### **Тема 5. Прогнозирование показателей транспортных процессов методами корреляционного и регрессионного анализа**

Прогнозирование тренда основных показателей работы речного транспорта на основе регрессионного анализа. Учет неопределенности исходной информации. Методика оценки «веса» информации в прогнозных моделях. Расчет весовых коэффициентов. Трендовые модели основных показателей работы речного транспорта с учетом «веса» исходной информации. Измерение ошибки прогноза. Расчет MAD, MSE и RMSE, MAPE, MPE. Критерии выбора прогнозной модели. Расчет коэффициентов корреляции и детерминации. Проверка коэффициентов корреляции и детерминации на значимость. Их недостатки. Скорректированный коэффициент детерминации. Расчет статистики Дарбина-Уотсона. Преодоление автокорреляции остатков прогнозных моделей. Прогнозирование транспортных потоков методами множественной регрессии. Автоматизация прогнозных расчетов.

### **Тема 6. Динамические методы прогнозирования (методы АРПСС). Основы методологии Бокса-Дженкинса**

Основы теории Бокса-Дженкинса. Процесс авторегрессии (АР) в АРПСС. Процесс скользящего среднего (СС) в АРПСС. Смешанные модели АРПСС (АРСС). Модели АРПСС с обычными и сезонными разностями. Проверка адекватности прогнозных динамических моделей (АР, СС, АРСС, АРПСС) исходным данным. Применение прикладных компьютерных программ для автоматизации построения моделей АРПСС и выполнения прогнозных расчетов.

## **РАЗДЕЛ III. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ**

### **Тема 1. Адаптивные методы прогнозирования**

Сущность адаптивных методов прогнозирования. Схема работы адаптивных методов. Основные этапы алгоритма направленного отбора вариантов прогнозной модели. Граф вариантов прогнозных моделей. Расчет прогнозных коэффициентов на основе МНК. Критерии качества прогноза. Принципы поиска минимума критерия качества. Расчет абсолютного и относительного критерия качества. Особенности применения адаптивных методов при периоде упреждения, превышающем период корреляции.

## **Тема 2. Искусственные нейронные сети (ИНС)**

Сущность нейросетевых методов прогнозирования. Парадигма ИНС. Математические функции нейрона. Классификация ИНС. Обучение нейронных сетей. Прогнозирование с помощью ИНС.

## **Тема 3. Синтез прогнозных альтернатив**

Понятие комбинированного прогноза. Основные этапы формирования комбинированных прогнозов. Граф вариантов комбинированных прогнозов. Исключение противоречивых частных прогнозов. Синтез комбинированного прогноза для различных классов. Синтез комбинированного прогноза с учетом «веса» частных прогнозов. Критерии отбора оптимального комбинированного прогноза. Требования к критериям. Расчет основных критериев. Прогнозирование резких изменений в транспортных процессах.

## **РАЗДЕЛ IV. СТОХАСТИЧНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ НАГРУЗОК, УЧЕТ ИХ КОЛЕБАНИЙ В ПРОГНОЗАХ. ВЕРИФИКАЦИЯ ПРОГНОЗОВ И ОЦЕНКА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

### **Тема 1. Вероятностный подход к оценке колебаний транспортных нагрузок**

Основные причины колебаний транспортных нагрузок. Теоретические зоны действия законов распределения колебаний транспортных нагрузок. Прогноз суточных колебаний транспортных нагрузок. Расчет абсолютных и относительных параметров колебаний транспортных нагрузок. Взаимная корреляция транспортных нагрузок. Прогнозирование колебаний транспортных нагрузок на произвольный период времени  $T < 24$  ч. Выбор прогнозных моделей при колебаниях интервалов интенсивности транспортных нагрузок.

### **Тема 2. Прогнозирование пропускной способности устройств и коммуникаций речного транспорта**

Наличная пропускная способность. Потребная пропускная способность. Прогнозирование резерва наличной пропускной способности.

### **Тема 3. Методы верификации прогнозов. Оценка эффективности мероприятий, направленных на ускорение научно-технического прогресса (НТП) и внедрение инноваций**

Ошибки прогнозов, их классификация. Методы верификации. Взаимосвязь прогноза величины транспортных нагрузок с выбором параметров транспортных коммуникаций. Оценка эффективности мероприятий, направленных на ускорение НТП и внедрение инноваций.

## **ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **Методы (технологии) обучения**

Основными методами (технологиями) обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

элементы проблемного обучения (проблемное изложение, вариативное изложение, частично-поисковый метод), реализуемые на лекционных и практических занятиях;

элементы учебно-исследовательской деятельности, реализация творческого подхода, реализуемые на практических занятиях и при самостоятельной работе.

### **Организация самостоятельной работы студентов**

При изучении дисциплины используются следующие формы самостоятельной работы:

самостоятельное изучение тем дисциплины с использованием научно-технической и специальной литературы;

проработка лекционного материала и подготовка к практическим занятиям;

контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием;

подготовка к зачету.

#### Диагностика компетенций студента

Оценка учебных достижений студента производится по системе «зачет–незачет».

Для оценки достижений студентов используется следующий диагностический инструментарий (в скобках – какие компетенции проверяются):



выступление студента на конференции по подготовленным материалам (АК-1 – АК-7; СЛК-1 – СЛК-6; ПК-5 – ПК-7, ПК-12, ПК-17, ПК-20, ПК-23, ПК-26);

проведение текущих контрольных опросов по отдельным разделам и темам (АК-1 – АК-3, АК-8; СЛК-5; ПК-5 – ПК-7, ПК-12, ПК-17, ПК-20, ПК-23, ПК-26);

контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения практических занятий под руководством преподавателя в соответствии с расписанием (АК-1 – АК-3, АК-8; СЛК-5; ПК-5 – ПК-7, ПК-12, ПК-17, ПК-20, ПК-23, ПК-26);

сдача зачета по дисциплине (АК-1 – АК-3, АК-8; СЛК-5; ПК-5 – ПК-7, ПК-12, ПК-17, ПК-20, ПК-23, ПК-26). Форма проведения зачета – устно.

#### ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОСНОВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ» С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу
«Организация работы флота»	УЭР		
«Управление грузовой и коммерческой работой»	УГКР		
«Основы научных исследований и инновационной деятельности»	ТУ	