

УДК 519.8

А.М. Бондоловский

**ОБЗОР МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ДОХОДНОСТЬЮ  
В ГОСТИНИЧНОМ БИЗНЕСЕ**

*Приводится краткое описание теории управления доходностью в гостиничном бизнесе, раскрываются основные понятия. Предлагается новая классификация процессов управления доходностью, дается обзор литературы по динамическому ценообразованию, методам прогнозирования и оптимизационным моделям, применяемым в управлении доходностью в гостиничном бизнесе. Указываются перспективные направления будущих исследований.*

**Введение**

Приемы управления доходностью и ценообразованием возникли в индустрии пассажирских авиаперевозок в конце 70-х гг. XX в. Их достоинства в полной мере проявились при использовании в американских авиалиниях (American Airlines) в 1985 г., когда в результате одного года работы системы управления доходностью произошло увеличение дохода более чем на 14 %, а прибыль возросла на 48 % [1]. В 1990-х гг. гостиничный бизнес начал перенимать у пассажирских авиакомпаний опыт использования моделей управления доходностью и подстраивать их под свою специфику. Внедрение моделей оказалось возможным потому, что гостиничный бизнес, как и бизнес пассажирских авиаперевозок, обладает подходящим набором характеристик [2], суть которых заключается в том, что компания, желающая применять управление доходностью, должна иметь: ограниченные ресурсы (например, номера, пассажирские места, сдаваемые в аренду автомобили); продукцию либо услуги с ограниченным периодом продаж и ценностью, теряемой после определенного срока; возможность принимать заказы на будущее; низкие переменные и высокие постоянные издержки; колеблющийся спрос на свою продукцию либо услуги; возможность сегментировать рынок либо клиентов. Деятельность многих организаций обладает такими характеристиками. Поэтому в последнее время компании, которые предлагают в аренду конференц-центры, поля для гольфа, автомобили, рестораны и торговые центры, а также продают путешествия на круизных лайнерах, все больше применяют управление доходностью в своей деятельности.

Определения управления доходностью даны многими исследователями. Приведем некоторые из них на примере гостиничного бизнеса. Эль Хадад, Ропер и Джонс [3] определяют управление доходностью как важный инструмент, который соотносит спрос с предложением и максимизирует доход гостиницы путем разделения ее клиентов по разным категориям на основе их намерений по заселению и текущей емкости гостиницы. Кимез и Виртз [4] определяют этот термин как использование информационных систем и ценовых стратегий, которые в нужное время и в нужном месте сводят соответствующее количество заказов со свободным количеством соответствующих номеров. Джонси, Мичел и Сламмет [5] рассматривают управление доходностью как интегрированный, непрерывный, систематический подход по максимизации дохода от продажи номеров по изменяющимся под спрогнозированный спрос ценам. Донаги, Мак-Маан и Мак-Дауэл [6] придерживаются приблизительно того же мнения, но также выделяют важность сегментации рынка. Они определяют управление доходностью как прием максимизации дохода, который увеличивает чистый доход гостиницы через соотношение заранее спрогнозированных свободных номеров с предопределенными сегментами рынка по оптимальной цене. Джонс и Гамильтон [7] утверждают, что управление доходностью способствует максимизации цены на номер, когда спрос превышает предложение, и максимизации загрузки, когда предложение превышает спрос, не опускаясь в цене ниже среднего уровня издержек. Все определения отмечают способность увеличения доходов компании без непосредственного регулирования издержек. Проще говоря, управление доходностью – это инструмент, который используется для увеличения доходов гостиницы. Следует обратить внимание на то, что в англоязычной литературе термину «управление доходностью» соответствует термин Revenue

Management, а в более ранние периоды – Yield Management, что может быть переведено как управление выработкой. В научной литературе произошел переход от последнего, более узкого термина, к первому [2].

Со времени начального практического успеха от использования моделей управления доходностью ученые провели достаточно много исследований на эту тему, а также обобщили и систематизировали результаты [2, 8–11]. На данный момент теоретические знания, практический опыт и программные приложения очень хорошо развиты в системах управления доходностью для авиакомпаний [12]. Меньше внимания ученые в этой области уделили гостиничному бизнесу и сфере гостеприимства. Исследования для гостиничного бизнеса фрагментарны. Имеется разрыв между теорией управления доходностью и практикой ее использования в гостиницах. Среди существующих обзоров литературы по управлению доходностью в гостиничном бизнесе следует отметить общие систематизирующие работы [2, 7, 9, 13], а также работы по прогнозной составляющей [14–16] и оптимизационной составляющей [17, 18].

Кахнеман, Кнетч и Тайлер [19, 20], Кимез [21], Виртз и др. [22] рассуждают, что, несмотря на явные преимущества моделей управления доходностью для компании-пользователя: прирост дохода, отсутствие риска при переходе к политике динамического ценообразования, эти модели могут вызывать у клиентов чувство «нечестной сделки» и вести к потере их доверия [21]. Почему клиенты могут оставаться недовольными? Управление доходностью – это система, которая контролирует потребительский спрос посредством инструментов динамического ценообразования и управления ресурсами (номера) для увеличения прибыльности. В результате работы системы цены за одинаковый срок пребывания в номере одного типа в одной гостинице могут изменяться от одного клиента к другому. Неудовлетворенность клиентов от осознания того, что один и тот же номер продается другому дешевле, в долгосрочном периоде приводит к сокращению доходов гостиницы. Поэтому Эль Хадад, Ропер и Джонс [3] указывают, что высокий прирост доходов от использования моделей управления доходностью не будет считаться успехом без оценки денежного эквивалента потери доверия клиентов к гостинице. Однако в 2008 г. в своем исследовании Палмер и Мак-Маан-Битти [23] пришли к выводу, что только степень индивидуальной осведомленности клиентов о правилах ценообразования может привести к потере доверия к отелю, а не изменяющиеся цены сами по себе. Они также заключили, что некоторые типы клиентов более восприимчивы к динамическому ценообразованию и с желанием принимают правила компании, в то время как другие не принимают, что и вызывает их неудовлетворенность от сделки. Молодые, хорошо образованные люди, которые часто совершают покупки, более других склонны доверять динамическому ценообразованию. При этом некоторые из них не только немедленно соглашаются на покупку, если предлагаемая цена ниже воспринимаемой ими справочной, но и становятся анализирующими рациональными покупателями и начинают «играть» с компаниями. Они учитывают возможное будущее движение цен при принятии решения о покупке. Для того чтобы модели управления доходностью учитывали поведение таких рациональных клиентов, Бесанко и Винстон [24] предлагают использовать подходы теории игр. Другие авторы [8, 10, 25] также соглашаются с логичностью использования приемов теории игр, однако результативность приемов пока слабо исследована.

Существует направление исследований, в котором оптимизация доходов производится при условии, что информация о спросе полностью известна, спрос превышает имеющиеся ресурсы и задача заключается в том, чтобы выбрать такие заявки, которые максимизируют доход. Литература по указанному направлению может быть найдена по ключевым словам combinatorial auctions и interval scheduling [26–28].

## 1. Система управления доходностью в гостинице

Управление доходностью в гостинице может быть представлена как система с взаимосвязанными элементами. Приведем схему такой системы, ее связь с входными и выходными данными и внешними факторами, влияющими на ее деятельность. Общая структура схемы взята из статьи Иванова и Жечева [13] и доработана автором (рисунок). Обозначения ПО и УД означают программное обеспечение и управление доходами соответственно.

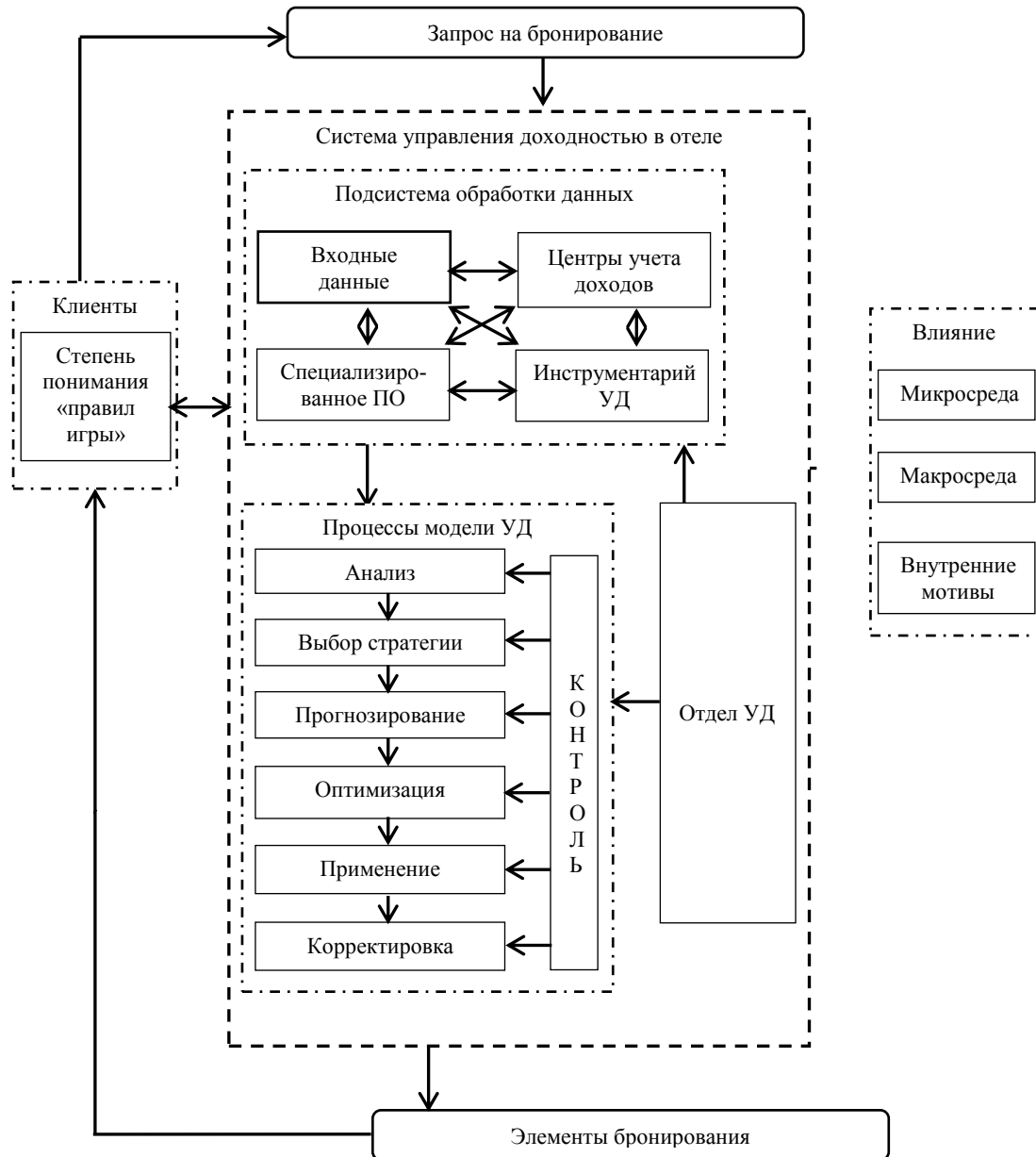


Схема системы управления доходностью гостиницы

Запрос на бронирование номера поступает от клиента и регистрируется в системе. В состав системы входит подсистема обработки данных с четырьмя тесно связанными между собой элементами: входными данными, центрами учета доходов, специализированным ПО и инструментарием УД, а также подсистема процессов модели управления доходностью и отдел УД. Входные данные несут всю информацию о заказе и возможную информацию о клиенте, а специализированное ПО регистрирует заказ и начинает его обработку с помощью определенной стратегии. Если в гостинице есть только один центр учета доходов, то он отвечает за основной доход – от продажи номеров, а если несколько таких центров, то каждый отвечает за соответствующую услугу: спа- и фитнес-залы, ресторан и бар, игорную комнату и пр. Подсистема процессов обрабатывает конкретный заказ и выдает информацию о статусе заказа, количестве и типах номеров, датах пребывания и ценах. Отдел УД – подразделение гостиницы, отвечающее за управление доходностью, прямо или косвенно утверждает результат, и он уходит к клиентам. Результат сам по себе и принцип действия системы влияют на восприятие клиентами системы ценообразования и гостиницы в целом, на их намерения осуществлять заказы в будущем.

На систему управления доходностью постоянно влияют внешние макро- и микрофакторы, а также ситуация внутри управляющей компании.

Выбор правильного инструмента, с помощью которого модель управления доходностью будет стараться максимизировать доход, очень важен. Существует достаточно много таких инструментов. В основном их можно разделить на ценовые и неценовые. К ценовым инструментам относят ценовую дискриминацию, возведение ценовых барьеров, динамическое ценообразование, гарантию наименьшей цены и другие методы, прямо влияющие на цену. Неценовые инструменты не изменяют цену непосредственно, а имеют отношение к управлению ресурсами, процессу контроля избыточного бронирования и продолжительности пребывания и к технике, гарантирующей наличие свободных номеров. Очень часто на практике применяют оба типа инструментов одновременно.

Ниже приведен краткий обзор литературы по основным инструментам управления доходами и более детальный – по динамическому ценообразованию. Начнем с неценовых инструментов. В общем виде проблему управления ресурсами гостиницы осветили Пулман и Роджерс [29]. Задачи, которые решаются в управлении ресурсами, они разделили на стратегические и краткосрочные. Стратегические задачи связаны с физическим увеличением числа номеров, возможностью изменять объемы ресурсов – количество номеров разных типов – в зависимости от спроса, нахождением оптимальных объемов. Краткосрочные задачи отвечают за каждодневную загрузку номеров, время заселения и выселения, время, затрачиваемое на обслуживание, применение к рабочим процессам моделей теории очередей и линейного программирования.

Процесс контроля избыточного бронирования основан на предположении, что по тем или иным причинам часть клиентов в гостиницу не заселится. Желая защитить себя от потерь, гостиница продает большее число номеров. По этой причине важно четко планировать избыточный уровень. Данную тему исследовали Хаджиникола и Панаи [30], Иванов [31, 32], Койд и Ишии [33], Нетесин и Шумский [34].

Меньше внимания в литературе уделено контролю продолжительности пребывания. Обычно закрепляется минимальное количество ночей пребывания. Это делается с целью защиты от краткосрочных заказов в период большого спроса и увеличения срока пребывания в период низкого спроса. Данную тему исследовали Кимез и Чейз [35] и Винод [36].

В основе ценовых инструментов лежит ценовая дискриминация, которая основывается на восприимчивости к уровню цен разных категорий клиентов, например туристов и деловых людей [4, 37, 38]. Поэтому один и тот же номер им продают по разным ценам. Чтобы избежать перехода клиентов с высоких цен на низкие, устанавливаются ценовые барьеры [39]. Они задаются определенными условиями, которые существуют при продаже того или иного номера. Например, гостиница может продавать номера только на определенные дни недели и/или на определенную продолжительность пребывания, вести строгую политику отмен заказов или продавать номера только определенным типам клиентов.

Иногда гостиницы гарантируют клиентам цену, наименьшую из существующих на рынке. Это значит, что если клиент в течение 24 ч в другой гостинице найдет похожий номер по меньшей цене, то они сравняют цены. Этот подход исследовался Карвелом и Куаном [40], Демирсифтки и др. [41].

Динамическое ценообразование – наиболее распространенный и развитый интеллектуальный ценовой инструмент [23]. Посредством него гостиница предлагает цены, которые соответствуют текущему уровню спроса и загрузки и реагируют на их изменения. Динамическое ценообразование отличается от оптимизационных моделей управления ресурсами, которые регулируют доступность номеров, тем, что воспринимает цену как переменную в функциональной зависимости спроса от цены [10]. Цена – одна из наиболее эффективных переменных, изменяя которую, менеджеры могут поощрять или ограничивать спрос в краткосрочном периоде, регулировать запасы. На цену, в свою очередь, влияют момент совершения заказа, изначальный уровень спроса, наличие номеров и другие факторы.

Быстрое развитие информационных технологий, рост электронной коммерции и всеобщее использование Интернета привели к тому, что в первом десятилетии XXI в. инструменты динамического ценообразования стали активным компонентом систем управления доходностью [42–44]. Основные причины расширения использования моделей следующие: 1) цифровой

формат обработки данных очень легко позволяет собирать ценную информацию о спросе, количестве ресурсов, ценах конкурентов и обрабатывать ее в реальном времени; 2) практически исчезли издержки на перепечатывание ценников и информирование клиентов об изменении цен [45]; 3) клиентам очень легко следить за изменениями цен и заниматься поиском. Кроме того, когда специалисты пришли к пониманию, что такие классические задачи исследования операций, как оптимизация ресурсов и управление запасами или управление потоками в сетях массового обслуживания, не могут быть отделены от ценовых решений, модели динамического ценообразования стали включаться в системы управления доходностью еще чаще и сейчас являются наиболее важной их составляющей.

Некоторые ученые, например Бойд и Билеган [46], склонны отделять модели динамического ценообразования от моделей управления доходностью. Однако они все же признают их взаимосвязь и схожесть в определенных случаях. Более того, они считают, что в случае, когда оказывается только один тип услуг, имеется один тип номера в гостинице, обе модели равнозначны.

Возможность обработать изначально прогнозируемый спрос как инструментами динамического ценообразования, так и оптимизационными моделями управления доходностью привела к тому, что названия методов стали взаимозаменяемыми [46]. Ван Райзин и Галлего [47] указывают на естественное родство между ценовыми и оптимизационными моделями. Если цена рассматривается как переменная, которую можно постоянно контролировать, то принимать решение об отказе заказа не нужно. Стоит только поднять цену достаточно высоко. Проблемы управления доходностью сквозь призму динамического ценообразования рассматривали также Ладани и Арбел [48], Галлего и Ван Райзин [44, 47], Фенг и Галлего [43], Ю [49].

Модели динамического ценообразования очень хорошо исследованы в сфере пассажирских авиаперевозок. Поэтому ученые, когда делают обзоры литературы по динамическому ценообразованию, чаще всего используют результаты для авиакомпаний. Схожесть условий продажи номеров отеля и мест в салоне самолета позволяет им говорить о равной применимости моделей в двух отраслях и описывать лишь условия перехода применения модели из одной сферы в другую. Везефорд и Бодили [11], Мак-Джил и Ван Райзин [12] в общих обзорах моделей управления доходностью отдельно остановились и на моделях динамического ценообразования. Мак-Джил и Ван Райзин, например, особо выделили работы [50 – 52], которые объединяют задачи поиска цен и управления ресурсами. Гайман [50] предпринимает попытку объединить вопросы цены и емкости. Везефорд [52] рассматривает среднюю величину нормально распределенного спроса как линейную функцию от цены.

Ряд исследователей рассматривают только модели динамического ценообразования и предлагают их классификацию. Битран и Калдентей [8] формулируют общую задачу максимизации дохода компании, которая владеет ограниченным и теряющим свою ценность набором ресурсов и работает с чувствительными к цене клиентами. К этой задаче они применяют различные модели динамического ценообразования, разделив их на детерминированные и стохастические. В каждой из двух категорий моделей они рассматривают случаи одного и нескольких типов продуктов и предлагают оптимальные решения двух видов: с одной статичной ценой на весь горизонт планирования и с динамически изменяющимися ценами. Элмаграби и Кескиноак [10] разделяют модели динамического ценообразования по категориям в зависимости от следующего: возобновляемые или невозобновляемые ресурсы, зависимый или независимый спрос, недальновидные или рациональные потребители. Они пришли к выводу, что все ценовые и оптимизационные модели можно разделить на две категории: с невозобновляемыми ресурсами, независимым спросом и недальновидными или рациональными потребителями; с возобновляемыми ресурсами, независимым спросом и недальновидными потребителями.

В заключение отметим, что при поиске той или иной оптимальной ценовой стратегии в модели часто включают ценовые ограничения. Среди наиболее общих выделяют:

- выбор цены из заданного множества [53–56];
- ограничение сверху на число различных значений цены [43];
- заранее определенные стратегии изменения цен: снижение или повышение цены во времени, специальные предложения по определенным дням и т. п. [42];
- ценовые ограничения на комплекс продуктов;
- установление цен на основе издержек.

## 2. Процессы модели управления доходностью

Исследователи выделяют разное количество процессов в моделях управления доходностью. Например, Грантер и др. [57] описывают модели восемью процессами: осведомленность о клиентах, сегментация рынка, внутренний анализ, конкурентный анализ, прогнозирование спроса, анализ каналов распределения, динамическое ценообразование и управление запасами и каналами распределения. Эмексиз и др. [58] предлагают пять процессов для описания модели: подготовка, анализ спроса и предложения, применение моделей управления доходностью, оценка деятельности системы управления доходностью, наблюдение и внесение изменений в модель. В свою очередь, основываясь на анализе литературы и опыте работы в гостиничном бизнесе, автор считает, что шесть процессов: анализ, выбор стратегии, прогнозирование, оптимизация, контроль, корректировка – способны в полной мере описать работу модели управления доходностью.

Компонент «анализ» включает в себя обработку входных данных и всей сопутствующей информации, а также анализирует спрос. На этапе выбора стратегии решается, какие методы прогнозирования и оптимизации ресурсов будут использованы. «Прогнозирование» и «оптимизация» – два наиболее существенных и необходимых компонента всей модели [59]. При переходе от прогнозирования к оптимизации происходит соотнесение вероятного спроса с набором ограниченных ресурсов. Поэтому важно, чтобы ошибка прогноза была наименьшей и вносила минимальную погрешность в результат работы модели. Отдел управления доходностью отвечает за компоненты «контроль» и «корректировка», следит за достижением основной цели – максимизации дохода. Ошибки и недочеты, выявленные в процессе контроля, исправляются и не проявляются при дальнейшем использовании модели.

Ниже подробно опишем компоненты «прогнозирование» и «оптимизация».

### 2.1. Прогнозирование

Прогнозирование – существенная и необходимая часть модели управления доходностью. Ее задача – определить будущий спрос на номера. Качество модели существенно зависит от точности прогноза. Без точного прогноза информация о цене и доступности номеров, выдаваемая моделью управления доходностью, может оказаться весьма ошибочной. Полт [60] подсчитал, что сокращение ошибки прогноза на 20 % ведет к однопроцентному увеличению дохода, получаемого от использования модели управления доходностью. Перед каждой задачей прогнозирования исследователю нужно ответить на следующие вопросы: что прогнозировать, какую степень дезагрегации объекта прогнозирования выбрать, ограничивать удовлетворение спроса или не ограничивать, какой исторический период для сбора входных данных использовать, на какой интервал времени в будущем распространяется прогноз, какой метод прогнозирования выбрать, какую точность прогноза считать приемлемой.

Основным объектом прогнозирования в отельном бизнесе является спрос: количество заказов на номера и отмен совершенных заказов, продолжительность заселения. Природа бронирования номеров такова, что заказы обычно приходят за дни, недели или месяцы до заселения. По этой причине прогнозируемому спросу свойственны две временные характеристики: время совершения заказа и время заезда в гостиницу. Каждый заказ также характеризуется типом номера и продолжительностью заселения. Природа отмен совершенных заказов подобна, за исключением двух важных особенностей. Отменить можно только совершенные заказы. Их отменяют обычно за некоторое число дней до заселения. Величина, показывающая, за сколько дней до заселения был отменен заказ, необходима при прогнозе или имитации отмен. Разница между совершенными заказами и отменами называется чистыми заказами. Перед выбором прогнозной модели также решают, прогнозировать спрос только в пределах существующих ресурсов либо учитывать весь спрос, не ограниченный емкостью отеля или ценами.

Прогнозировать можно данные разной степени агрегации: совокупные, частично агрегированные и полностью дезагрегированные данные. Выбор степени агрегации зависит от типа имеющихся данных и метода прогноза. При совокупном подходе сначала делается прогноз по всей гостинице, а затем посредством исторических вероятностей делится по категориям. При полностью дезагрегированном подходе прогноз делается по каждой категории, а затем при

необходимости объединяется. В своей публикации Везефорд, Кимез и Скот [61] показали, что полностью дезагрегированный прогноз обычно дает лучшие результаты, чем частично агрегированный или совокупный прогноз.

Известно, что для спроса в гостиничном бизнесе характерна высокая степень сезонности. Если использовать малый период исторических данных, например 8–12 недель, то сезонность может быть не учтена, а если большой, то сезонность может быть лучше передана, но тогда нужно подобрать точный период исторических данных. Следует помнить, что относительно большой период исторических данных может сделать прогноз недостаточно достоверным. Период, на который строится прогноз, называется периодом упреждения. Выделяют долгосрочный и краткосрочный периоды упреждения. В долгосрочном периоде конечный спрос прогнозируется значительно ранее дня заезда (до года). Краткосрочный период прогноза изменчив, но обычно не превышает трех месяцев. На практике большинство заказов совершается на протяжении 60 дней до дня заезда.

В своей диссертации Ли [62] выделяет три типа методов прогнозирования: исторические, прогрессивные и объединенные. К историческим относят методы экспоненциального сглаживания, скользящего среднего, использования спроса такого же дня в прошлом году, авторегрессии и методы Бокса – Дженкинса ARMA и АРИМА. Метод ARMA объединяет авторегрессионный метод и метод скользящего среднего и применим только к стационарным временным рядам. Методы АРИМА являются расширением методов ARMA для нестационарных временных рядов. Для получения конечного прогноза исторические методы используют только данные прошлых периодов, общее число заездов по конкретному предыдущему дню за определенный период в прошлом. Интересно, что в ранних исследованиях чаще использовали простые методы, тогда как в поздних – более сложные. Макридакис и др. [63] подытожили, что такие статистически усложненные методы, как АРИМА, в большинстве случаев не превосходят более простые.

Прогрессивные методы на момент прогноза учитывают уже совершенные заказы на будущие дни. Эти методы называют еще методами «подхвата», потому что ожидаемое число заказов, которое будет «подхвачено» в отрезке времени между рассматриваемым днем и днем заселения, прибавляется к текущему, уже имеющемуся числу заказов. В прогрессивных методах выделяют добавочный и мультипликативный методы «подхвата» заказов. Согласно Везефорд и Кимез [64] в добавочном методе количество уже существующих заказов не зависит от конечного числа заездов, в то время как в мультипликативном методе число будущих заказов зависит от уже существующих.

Объединенные методы используют наилучшие свойства исторических и прогрессивных методов и объединяют их либо путем взвешенного усреднения, либо регрессионными методами. Метод нейронных сетей также относят в эту группу. Такие ученые, как Филдс и Орд [65], Бен-Акива [66], считают, что объединенные методы дают наиболее точные результаты прогноза. Не будем подробно останавливаться на методах прогноза, а перенаправим читателя к результатам исследований других авторов (табл. 1).

Таблица 1

Методы прогноза в литературе

Исторические	Экспоненциальное сглаживание	Бюргер и др. [14], Чен и Качани [15], Раджопадх и др. [67], Везефорд и Кимез [64], Юксель [68], Пхумчасри и Монгколкул [16]
	Скользящее среднее	Бюргер и др. [14], Везефорд и Кимез [64], Юксель [68]
	Авторегрессионные методы	Бюргер и др. [14], Лим и Чан [69], Лим, Чанг и МакАлер [70], Юксель [68]
Прогрессивные	Добавочный метод	Чен и Качани [15], Везефорд и Кимез [64]
	Мультипликативный	Везефорд и Кимез [64]
Объединенные	Регрессионные методы	Бюргер и др. [14], Чен и Качани [15], Везефорд и Кимез [64]
	Взвешенное усреднение	Чен и Качани [15]

Правильный выбор прогнозной модели очень важен. Чаще всего ее точность является главным критерием при выборе модели. Существует несколько инструментов оценки точности прогноза. Оценка по среднему абсолютному отклонению – наиболее простой и применимый способ. По нему усредняют абсолютные значения прогнозных ошибок, а затем выбирают вариант с его минимальным значением либо стараются минимизировать. Используют также средний процент ошибки, среднее абсолютное процентное отклонение, среднее квадратичное отклонение и другие оценки [16]. Достаточно полное сравнение методов оценок прогноза провели Армстронг и Колопи [71].

Ученые по-разному оценивают эффективность прогнозных методов. Везефорд и Кимез [64], используя реальные исторические данные сетей гостиниц Чойз Хотелс и Мариот Хотелс и сравнив эффективность прогнозных методов, пришли к заключению, что экспоненциальное сглаживание, скользящее среднее и метод подбора уже совершенных заказов дают наиболее точные прогнозы. В свою очередь, Филдс и Орд [65] провели эксперименты, результат которых показал, что объединенные модели дают наибольшую точность. Захари, Гаяр и Атя [72] в своих экспериментах обнаружили, что добавочный метод подбора уже существующих заказов дает более точные результаты, чем мультипликативный метод. Скнаарс [73] заключил, что при высоко изменчивых входных данных метод переноса спроса из такого же дня в прошлом превосходит другие популярные методы. Несмотря на некоторую разницу в оценках, все ученые сходятся во мнении, что разные модели должны применяться к разным типам данных, отличающимся по сезону, группе клиентов и другим параметрам.

Для получения наиболее точных результатов прогноза некоторые исследователи предлагают внедрять опыт и знания экспертов в прогнозные модели, объединяя их с математической частью. Это направление исследований весьма актуально в наши дни. Общие наблюдения показывают, что менеджеры гостиницы в состоянии дать очень точный прогноз на две-три недели вперед [67]. Человеческая оценка особенно полезна при учете влияния внешних событий и мероприятий на будущий спрос.

## **2.2. Оптимизация**

Оптимизационная часть модели управления доходностью чрезвычайно важна. Именно в ней решается задача максимизации дохода гостиницы и определяются оптимальные цены и количество номеров к продаже. С учетом разных типов номеров, ценовых категорий и длительностей заездов задача становится сложной. Поэтому важно на входе в оптимизационную часть иметь прогноз высокой точности. Он помогает получить более достоверные результаты оптимизации и соответственно большее увеличение дохода. Все оптимизационные модели изначально развивались для сферы пассажирских авиаперевозок, затем из-за схожести математических моделей и сферы применения перешли в гостиничный бизнес. Поэтому часто в обзорах литературы исследователи описывают результаты по моделям в авиаперевозках и используют соответствующую авиаперевозкам терминологию. Далее мы также будем ею пользоваться.

Модели управления посадочными местами составляют ядро оптимизационных моделей в авиаперевозках [9]. С их помощью до времени отлета решается задача соотношения ограниченного числа посадочных мест с запросами клиентов, готовых платить разные цены. Цены каждого класса каждого отрезка пути подготовлены заранее. Цель задачи – найти оптимальные цены и количество мест к продаже в разных классах, которые ведут к максимизации дохода. Последующее принятие или отклонение каждого поступающего заказа основывается на полученном решении задачи. Очевидно, что в определенный момент времени более выгодно отказаться от запроса на место в низком ценовом классе в надежде продать это же место в более высоком ценовом классе. Основными методами управления посадочными местами являются: метод «отрезок пути – класс» (его еще называют «управление единичным ресурсом»), который каждый отрезок пути оптимизирует отдельно, и метод «пункт отправления – пункт прибытия», родственный первому, но оптимизирующий всю сеть отрезков пути в целом. Под отрезком пути понимается прямой перелет между двумя точками без остановки, а под маршрутом – любой возможный набор смежных отрезков пути. Оба метода могут иметь статистические и динамические решения. Статистические решения определяют оптимальные цены и количество мест один раз до старта продаж, используя прогноз спроса, полученный в этот момент времени.



Подразумевается, что к моменту прогноза имеется достаточно полная информация о спросе. Задача определения цен и количества мест может решаться периодически в моменты поступления обновленной информации о заказах и наличии свободных ресурсов. При динамическом подходе постоянно контролируется состояние процесса поступления заказов и каждый раз при поступлении запроса принимается решение о принятии либо отклонении заказа. Не будем подробно описывать методы и соответствующие решения. Достаточно подробно их описали Везефорд [74], Мак-Джил и Ван Райзин [12], Бойд и Билеган [47], Пак и Пирсма [75]. В данном разделе обсудим лишь основные понятия методов и проведем аналогии с отельным бизнесом.

Используя метод «отрезок пути – класс», авиалинии создают набор услуг, известных как классы. Например, авиакомпания продает четыре класса: А, Б, В и Г. Класс А имеет самые высокие цены и никаких ограничений на покупку и возврат билетов. В классе Г цены низкие, но билеты закреплены за определенными днями и деньги на них не возвращаются. На классы Б и В устанавливаются умеренные цены и ограничения. На каждый отрезок пути в каждом классе модель управления доходностью предлагает к продаже определенное количество билетов, и пассажир может забронировать билеты класса Б на отрезок пути 1, соединенный с отрезком пути 2, только если билеты класса Б будут доступны на оба отрезка. Рассмотрим ситуацию с двумя отрезками пути: ТЧК1–ТЧК2 и ТЧК2–ТЧК3, каждый из которых имеет только одно свободное место. Только два пассажира желают совершить перелет. Один готов заплатить \$70 за класс А на отрезок пути ТЧК1–ТЧК2, а другой готов заплатить \$210 за класс А при перелете по двум отрезкам пути ТЧК1–ТЧК2 и ТЧК2–ТЧК3. В методе «отрезок пути – класс» места доступны к продаже только тогда, когда доступны и отрезок пути и класс одновременно. Становится невозможным заблокировать продажу класса А за \$70, пока еще открыта возможность покупки класса А за \$210. Отказывая пассажирам, подобным второму, авиалинии теряют возможность получать доход от объединения двух отрезков пути.

Литлвуд [76] первым предложил статистические решения с двумя классами в методе «отрезок пути – класс». Он предлагает закрывать класс низкой ценовой категории в случае, когда доход от продажи очередного места в этом классе превзойден ожидаемым доходом от продажи того же места, но в более высоком классе. Белобаба [77] дорабатывает подход Литлвуда и предлагает гнездовой подход на несколько классов. Подход получил название «ожидаемый предельный доход с посадочного места» или ОПДМа. Гнездовой подход для решения нескольких классов независимо представили Карри [78] и Волмер [79]. Карри считает, что распределение спроса непрерывное, а Волмер – дискретное. Подход Брумеля и Мак-Джила [80] получил название ОПДМб и допускает как непрерывное, так и дискретное распределение спроса.

К динамическим решениям метода «отрезок пути – класс» относят модель динамического программирования Ли и Херша [81], в которой спрос на каждый класс моделируется неоднородным пуассоновским процессом и решение принимается в предположении, что процесс является марковским. Кливегт и Папаставро [82] показали, что проблема может быть сформулирована как динамическая стохастическая задача о ранце. Субраманиан, Стилдхэм и Лаутенбахер [83] добавили в модель Ли и Херша учет отмен заказов.

Мультистадийная задача стохастического программирования максимизации доходов авиакомпании по одному отрезку пути с большим числом классов была предложена Вилиамсом [84, 85]. Задача трансформируется под специфику управления доходами гостиницы. Под отрезком пути понимается вся гостиница, под местами разных классов – номера разных типов, под датой вылета – дата заселения на период времени. Задача Вилиамса [84] может быть применена для нахождения оптимальных цен и количеств номеров каждого типа для каждого периода времени в горизонте планирования. Подробно сформулируем задачу.

Горизонт бронирования делится на  $T$  периодов времени. В каждом периоде времени  $t = 1, \dots, T - 1$  номера бронируются на период времени  $T$ . Номерной фонд гостиницы состоит из номеров трех типов  $i = 1, 2, 3$ . Типы 1 и 2 и 2 и 3 смежные. В период времени  $T$  выставляются к продаже  $n_i$  номеров типа  $i$  и  $r_i$  процентов номеров этого типа может быть трансформировано в номера смежных типов. Цена на номер типа  $i$  на период времени  $T$  платится в период времени  $t$ ,  $0 \leq t \leq T - 1$ , и может принимать одно из следующих значений:  $c_{t,i,1}, \dots, c_{t,i,O_t}$ , где  $O_t$  есть количество ценовых опций в период времени  $t$ .

Значение спроса на период времени  $T$  – это количество номеров каждого типа. Предполагается, что спрос не определен и что его значения зависят от цены. Допустим, что с помощью прогноза в период времени  $t$  на период времени  $T$  получено  $S_t$  сценариев спроса. В то время как значения спроса зависят от цены, предполагается, что сценарии спроса от нее не зависят.

Считается, что в период времени  $t$  сценарии спроса являются независимыми и формируют полную систему событий. Пусть вероятность сценария  $s$  в период времени  $t$ ,  $1 \leq s \leq S_t$ , равна  $p_{t,s}$  и  $\sum_{s=1}^{S_t} p_{t,s} = 1$ .

Задача подразумевает построение дерева сценариев. Дерево строится из  $T + 1$  уровней. Уровни обозначаются  $t = 0, 1, \dots, T$ , и каждый из них состоит из числа узлов. Каждый узел  $(t, s)$  уровня  $t$  связан со сценарием спроса  $s$  в период времени  $t$ ,  $t = 0, 1, \dots, T$ ,  $s = 1, \dots, S_t$ . Уровень 0 состоит из искусственного узла  $(0, 0)$ , где 0 – это искусственный сценарий, который осуществляется с вероятностью 1 в период времени 0. Предполагается, что для каждого узла  $(t + 1, b)$  существует только одна дуга  $((t, a), (t + 1, b))$ , которая означает, что сценарий  $b$  в период времени  $t + 1$  происходит после сценария  $a$  в период времени  $t$ ,  $t = 0, 1, \dots, T - 1$ . Это предположение делает отношения предшествования между узлами древовидными. Если существует дуга  $((t, a), (t + 1, b))$ , то узел  $(t, a)$  называется предком узла  $(t + 1, b)$ .

Каждому узлу  $(t, s_t)$  уровня  $t$  соответствует уникальная последовательность сценариев  $v = ((0, 0), (1, s_1), (1, s_2), \dots, (t, s_t))$ , которая заканчивается в этом узле,  $s_\tau \in \{1, \dots, S_\tau\}$ ,  $\tau = 1, \dots, t$ . Если осуществился переход к периоду времени  $t$ , то сценарий спроса этого периода реализовался и он известен. При нахождении в период времени 0 вероятность того, что последовательность сценариев  $v = ((0, 0), (1, s_1), (1, s_2), \dots, (t, s_t))$  приведет к сценарию спроса  $s_t$  в период времени  $t$ , определяется как  $P_v = \prod_{\tau=1}^t p_{\tau, s_\tau}$ . Пусть  $V_t$  обозначает множество всех последовательностей сценариев, которые заканчиваются в узлах уровня  $t$ ,  $t = 0, 1, \dots, T$ . Согласно древовидным отношениям предшествования  $|V_t| = S_t$ .

Предположим, что для каждой последовательности сценариев  $v \in V_t$  в период времени  $t$  спрос на номера типа  $i$  по цене  $o$  на период времени  $T$  известен или спрогнозирован и обозначается  $d_{v,i,o}$ .

Опишем следующие переменные:

$x_{v,i,o}$  – количество номеров типа  $i$  для продажи в период времени  $t$  на период времени  $T$  по цене  $o$  при условии, что последовательность сценариев  $v \in V_t$  реализовалась,  $0 \leq t \leq T - 1$ ;

$y_{v,i,o}$  – вспомогательная переменная;  $y_{v,i,o} = 1$ , если  $x_{v,i,o} > 0$ , и  $y_{v,i,o} = 0$ , если  $x_{v,i,o} = 0$ ,  $v \in V_t$ ,  $0 \leq t \leq T - 1$ ;

$z_{v,i}$  – вспомогательная переменная, которая отражает общее количество номеров типа  $i$  на период времени  $T$ , проданных по пути последовательности сценариев  $v$ ,  $v \in V_t$ ,  $0 \leq t \leq T$ .

Сформулируем детерминированную модель следующим образом:

$$\max \sum_{t=0}^{T-1} \sum_{v \in V_t} \sum_{o=1}^{O_t} P_v c_{t,i,o} x_{v,i,o} \quad (1)$$

при условии, что

$$\sum_{o=1}^{O_t} y_{v,i,o} = 1, v \in V_t; i = 1, 2, 3; t = 0, \dots, T - 1; \quad (2)$$

$$x_{v,i,o} \leq d_{v,i,o} y_{v,i,o}, v \in V_t; i = 1, 2, 3; o = 1, \dots, O_t; t = 0, \dots, T - 1; \quad (3)$$

$$z_{v,i} = \sum_{o=1}^{O_1} x_{0,i,o}, v \in V_1; i = 1, 2, 3; \quad (4)$$

$$z_{vi} = z_{parent(v),i} + \sum_{o=1}^{O_t} x_{parent(v),i,o}, v \in V_t; i = 1, 2, 3; t = 2, \dots, T; \quad (5)$$

$$z_{v,1} \leq \left( n_1 + \left\lfloor \frac{r_2 n_2}{100} \right\rfloor \right), v \in V_T; \quad (6)$$

$$z_{v,2} \leq \left( n_2 + \left\lfloor \frac{r_1 n_1 + r_3 n_3}{100} \right\rfloor \right), v \in V_T; \quad (7)$$

$$z_{v,3} \leq \left( n_3 + \left\lfloor \frac{r_2 n_2}{100} \right\rfloor \right), v \in V_T; \quad (8)$$

$$z_{v,1} + z_{v,3} \leq \left( n_1 + n_3 + \left\lfloor \frac{r_2 n_2}{100} \right\rfloor \right), v \in V_T; \quad (9)$$

$$z_{v,1} + z_{v,2} + z_{v,3} \leq n_1 + n_2 + n_3, v \in V_T; \quad (10)$$

$$x_{v,i,o} \in Z_+, v \in V_t; i = 1, 2, 3; o = 1, \dots, O_t; t = 0, \dots, T-1; \quad (11)$$

$$y_{v,i,o} \in \{0,1\}, v \in V_t; i = 1, 2, 3; o = 1, \dots, O_t; t = 0, \dots, T-1; \quad (12)$$

$$z_{v,i} \in Z_+, v \in V_t; i = 1, 2, 3; t = 0, \dots, T. \quad (13)$$

Целевая функция (1) представляет собой общий ожидаемый доход от продажи номеров в периоды времени  $t = 0, 1, \dots, T-1$  на период  $T$ . Равенства (2) обеспечивают то, что в любой из периодов  $T$  для каждого типа номера выбирается только одна ценовая опция. Неравенства (3) гарантируют, что для любой последовательности сценариев и любой ценовой опций количество проданных номеров каждого из трех типов не превышает спроса на эти номера в случае, если последовательность реализовалась. Равенства (4) и (5) представляют рекурсивные вычисления значений переменных  $z$  через значения переменных  $x$ . Неравенства (6)–(10) объявляют верхние границы на общее число номеров каждого типа и их комбинации в период времени  $T$ .

Необходимость исправления слабых сторон метода «отрезок пути – класс» привела к появлению сетевого метода «пункт отправления – пункт прибытия». Метод более эффективен при работе с заказами с пересадками, так как одновременно оптимизирует всю сеть отрезков пути, предлагаемых авиакомпанией. Один из приемов этого метода – заранее определить пропорции распределения ожидаемого дохода всего пути от пункта отправления до пункта прибытия между отрезками пути и применить метод «отрезок пути – класс» к каждому отрезку. Инструменты математического программирования достаточно хорошо справляются с комбинаторными аспектами подобной задачи. Поэтому Гловер и др. [86], Талури и Ван Райзин [87] и многие другие формулируют задачу сетевых маршрутов как задачу линейного программирования следующим образом:

$$\max \sum_{i \in I} r_i x_i$$

при условии, что

$$\begin{aligned} \sum_{i \in I(l)} x_i &\leq c_l, \quad l \in L; \\ x_i &\leq d_i, \quad i \in I; \\ x_i &\geq 0, \quad i \in I, \end{aligned}$$

где  $I$  – множество всех пар «маршрут – класс»;  $r_i$  – цена одного места для пары  $i$  «маршрут – класс»; переменная  $x_i$  – количество заказов для пары  $i$  «маршрут – класс»;  $I(l)$  – множество пар «маршрут – класс» для отрезка  $l$ ;  $L$  – множество отрезков в сети/маршруте;  $c_l$  – емкость отрезка  $l$ ;  $d_i$  – ожидаемое количество заказов для пары  $i$  «маршрут – класс». Задача состоит в определении оптимального количества заказов, которое приводит к максимизации дохода.

Наиболее используемые подходы в методе «пункт отправления – пункт прибытия» – это виртуальное гнездование и метод цены клиента. Подход виртуального гнездования близок методу «отрезок пути – класс», но позволяет управлять продажей мест по величине продаваемой стоимости, а не по классу. Создавая «виртуальные корзины» запасов, основанные на стоимости, а не на классе, подход устраняет главное неудобство метода «отрезок пути – класс». Рассмотрим описанный выше пример с двумя пассажирами и двумя отрезками пути. Создаются две виртуальные корзины. Для более прибыльного запроса создается корзина 1, а для менее прибыльного – корзина 2 (табл. 2). Затем каждый отрезок пути пары «маршрут – класс» закрепляется за виртуальной корзиной. Так как по одному месту свободно в каждом из отрезков пути, запасы (места) будут «посажены» в корзину для более прибыльных запросов – корзину 1. Для максимизации дохода запрос стоимостью в \$70 за класс А на отрезок пути ТЧК1–ТЧК2 будет направлен в корзину с нулевыми запасами мест – корзину 2, а запрос стоимостью \$210 за весь маршрут – соответственно в корзину, где места доступны, – корзину 1.

Таблица 2

Доступные места, посаженные по виртуальным корзинам

Корзины	Доступные места для отрезков пути	
	ТЧК1–ТЧК2	ТЧК2–ТЧК3
1	1	1
2	0	0

Подход цены клиента также похож на метод «отрезок пути – класс» и естественным образом включает в себя принцип гнездования. Для каждого отрезка пути маршрута сети устанавливается базовая цена продажи. Класс становится доступным для продажи, если общая ожидаемая плата за места класса в маршруте превышает сумму цен, установленных для каждого отрезка пути этого маршрута. В свое время подход цены клиента исследовали Вилиямсон [88], Вей [89], Талури и Ван Райзин [90].

Кроме виртуального гнездования и метода цены клиента, основанных на детерминированных инструментах математического программирования, для решения сетевой задачи выделяют еще имитационный и динамический подходы. Бертсимас и де Боер [75] впервые представили имитационный подход, который помимо детерминированной модели линейного программирования и учета стохастической природы спроса использует инструменты приближенного динамического программирования. Полноценное динамическое решение сетевой задачи впервые было получено Ченом, Гюнтером и Джонсоном [91]. Они сформулировали марковскую модель принятия решений, которая использует математическое программирование в динамической среде. Общие стохастические сетевые модели на основе марковского процесса принятия решений и нескольких типов аппроксимации предложили Ван Райзин и Талури [92]. Купер и Хомем-де-Мело [93] постарались объединить принятие решений на основе марковского процесса и подходы математического программирования.

Отметим, что формулировка задачи математического программирования в методах «отрезок пути – класс» и «пункт отправления – пункт прибытия» одинакова как для авиалиний, так и для гостиниц. Конечно, для гостиниц есть своя специфика. Например, классы мест, продаваемых авиакомпаниями, равнозначны эконом-, бизнес- или премиум-типам номеров в гостиничном бизнесе. Типы могут отличаться по физическим характеристикам номеров или по наличию дополнительных свойств, не связанных с физическими характеристиками номера: бесплатных завтраков, полотенец. Иногда разные типы могут быть установлены и на идентичные номера. Далее, если для задач авиалиний в методе «пункт отправления – пункт прибытия» рассматривалась сеть маршрутов, состоящая из отдельных рейсов, то для гостиниц рассматривается последовательность из ночей пребывания. В задаче линейного программирования  $L$  представляет собой набор пар «дата – тип номера» в фиксированном временном интервале,  $I$  – набор троек «дата заезда – продолжительность пребывания – тип номера»,  $I(l)$  – набор троек «дата заезда – продолжительность пребывания – тип номера» для пары  $l$  «дата – тип номера». Например, заезд 21 марта в номер бизнес-класса на три ночи будет соответствовать индексу  $i \in I$ , и если  $l \in L$  соответствует пара «дата – тип номера» номера бизнес-класса на 22 марта, то  $i \in I(l)$ . Параметр  $c_l$  обозначает количество номеров пары  $l$  «дата – тип номера». Обычно он со временем не изменяется. Параметр  $d_i$  – ожидаемое количество номеров тройки  $i$  «дата заезда – продолжительность пребывания – тип номера». Переменная  $x_i$  характеризует количество заказов на номера типа  $i$ , которое в случае продажи по цене  $r_i$  должно быть принято.

Метод «отрезок пути – класс» для гостиничного бизнеса назовем «дата – тип номера». Он определяет доступность типа номера на каждый день и предлагает его к продаже, если тип номера свободен на все дни запроса клиента. Методу «дата – тип номера» присущи те же слабые стороны, что и методу «отрезок пути – класс». Он не может рассматривать заказы по длительности пребывания. Поэтому заказы на одну-две ночи «забывают» номера и не пропускают заказы с более длительным сроком пребывания, что ведет к неэффективному использованию ресурсов. У методов виртуального гнездования и цены покупателя тоже есть свои аналоги в отельном бизнесе. Метод виртуального гнездования разносит разные комбинации «дата заезда – продолжительность пребывания – тип номера» по разным корзинам для разных ночей, и тип номера продается при условии доступности в каждой соответствующей корзине на протя-

жении всего периода пребывания. Метод цены покупателя определяет цену покупателя на каждую ночь, и тип номера продается, если общая предлагаемая плата за номер превышает сумму предопределенных цен за весь период пребывания.

В недавнем обзоре моделей управления доходностью в гостиничном бизнесе Иванов и Жечев [13] предполагают, что среди оптимизационных моделей превалирует использование стохастического программирования (Голдман и др. [18], Лай и Нг [94], Лиу и др. [95], Лиу, Лай и Ванг [96]) и имитационных методов (Бэкер и Колиер [97], Раджопадх и др. [67], Захари и др. [98]). Методам детерминированного линейного программирования (Голдман и др. [18], Лиу Лай и Ванг [96]), целочисленного программирования (Бертимас и Шиода [99]), динамического программирования (Бадинели [100], Бертимас и Шиода [99]) и нечеткого целевого программирования (Падхи и Агарвал [101]) уделено меньше внимания, однако к ним наблюдается возрастающий интерес. Методы «цена покупателя» (Бэкер и Колиер [96]) и «ожидаемый предельный доход» (Иванов [32], Нетесин и Шумски [34]) мало используются в гостиничном бизнесе.

### Заключение

Выделим некоторые актуальные направления будущих исследований. В литературе есть мнение, что разбиение спроса на категории по определенным параметрам приводит к повышению точности прогноза [2, 61]. Однако количество категорий, рассмотренных в конкретных случаях, невелико. Кимез [2], например, говорит о разбиении спроса или только по ценовой категории номера, или только по продолжительности пребывания, или по двум характеристикам одновременно. Автор предполагает, что разбиение спроса по большему числу параметров (до 10) позволит не только увеличить точность прогнозной модели, но и эффективно использовать оптимизационные модели по каждой из категорий. Это улучшит качество всей модели управления доходностью.

Разбиение спроса по категориям может приводить к разреженности исторических данных. Не все методы прогноза одинаково эффективны в условиях разреженности данных. Точность прогнозов значительно возрастет, если исследователи будут оценивать степень плотности исторических данных и применять разные методы прогноза для разреженных данных и для данных с достаточной степенью плотности.

При решении оптимизационных задач используются методы математического программирования, такие как линейное программирование и квадратичное, стохастическое линейное программирование и динамическое программирование. Автор считает, что, детализируя методы квадратичного программирования или более общие методы выпуклого программирования, можно разрабатывать новые модели и успешно решать задачи управления доходами. Эти методы учитывают некоторую нелинейность и в то же время являются достаточно эффективными в смысле использования вычислительных ресурсов и времени решения. Так, моделирование спроса на номера невозрастающей функцией от цены позволяет легко объединить задачи динамического ценообразования и управления ресурсами. Когда найдены конкретные значения коэффициента эластичности спроса и константы функции будущего спроса, цены являются неизвестными, а критерием служит максимизация суммарного моделируемого дохода при условиях ограниченных ресурсов и верхних и нижних границ на цены, посредством методов выпуклого программирования можно определять оптимальные ценовые решения. В методах квадратичного программирования квадраты переменных цен в целевой функции появляются в результате перемножения цены и эластичного спроса, линейно зависящего от цены. Так как в процессе моделирования одновременно с определением цен решается задача о нахождении количества занятых номеров всех типов, модель управляет еще и ресурсами гостиницы с учетом продолжительности пребывания каждого заселения.

Автор также заметил, что в литературе проблемы прогнозирования спроса на номера исследуются отдельно от оптимизационных задач управления ресурсами или ценами. При объединении этапов в целостную рабочую систему управления доходностью гостиницы всегда возникает ряд интересных практических задач. Кроме того, описание системы от этапа подготовки базы данных и ввода параметров до понятно оформленных результатов оптимизационных моделей, применяемых для выставления цен или принятия/отклонения поступающих заказов,

представляет интерес для менеджеров гостиниц и исследователей, дает комплексное понимание системы управления доходностью гостиницы.

Отметим также наиболее актуальные направления будущих исследований, указанные другими авторами. Иванов и Жечев [13] предполагают, что качество прогнозных моделей возрастет при развитии моделей прогноза, способных предопределять изменения спроса в связи с проведением различных событий и специальных мероприятий. Биллер и др. [102], Битран и Калдентей [8] утверждают, что внедрение в модели управления доходностью возможности учета стратегического поведения клиентов – еще один вопрос для дальнейшего рассмотрения. Какие цены должны быть установлены, если при покупке номера в гостинице клиент действует стратегически? Логично, что ответить на этот вопрос можно, рассмотрев его с точки зрения теории игр.

### Список литературы

1. Nguyen, Y. Hotel revenue management: a necessary evil, but not sufficient for delivering profitably / Y. Nguyen // *hotelmarketing.com* [Electronic resource]. – 2013. – Mode of access : <http://goo.gl/pb2UfN>. – Date of access : 22.04.2014.
2. Kimes, S.E. Revenue management: a retrospective / S.E. Kimes // *Cornell hotel and restaurant administration quarterly*. – 2004. – Vol. 44. – P. 131–138.
3. El Haddad, R. The impact of revenue management decisions on customers attitudes and behaviours: a case study of a leading UK budget hotel chain / R. El Haddad, A. Roper, P. Jones // *EuroCHRIE 2008 Congress*. – Dubai : Emirates hotel school, 2008.
4. Kimes, S.E. Has revenue management become acceptable? Findings from an international study on the perceived fairness of rate fences / S.E. Kimes, J. Wirtz // *Journal of service research*. – 2003. – Vol. 6, № 2. – P. 125–135.
5. Jauncey, S. The meaning and management of yield in hotels / S. Jauncey, I. Mitchell, P. Slamet // *International journal of contemporary hospital management*. – 1995. – Vol. 4. – P. 23–26.
6. Donaghy, K. Yield management: an overview / K. Donaghy, U. McMahon, D. McDowell // *International journal of hospitality management*. – 1995. – Vol. 14, № 2. – P. 139–150.
7. Jones, P. Yield management: putting people in the big picture / P. Jones, D. Hamilton // *The Cornell hotel and restaurant administration quarterly*. – 1992. – Vol. 33, № 3. – P. 89–96.
8. Bitran, G. An overview of pricing models for revenue management / G. Bitran, R. Caldentey // *Manufacturing and service operations management*. – 2003. – Vol. 5, № 20. – P. 203–229.
9. Chiang, W. An overview of research on revenue management: current issues and future research / W. Chiang, J.C.H. Chen, X. Xu // *International journal of revenue management*. – 2007. – Vol. 1, № 1. – P. 97–128.
10. Elmaghraby, W. Dynamic pricing in the presence of inventory considerations: research overview, current practices, and future directions / W. Elmaghraby, P. Keskinocak // *Management science*. – 2003. – Vol. 49, № 10. – P. 1287–1305.
11. Weatherford, L.R. A taxonomy and research overview of perishable-asset revenue management: yield management, overbooking, and pricing / L.R. Weatherford, S.E. Bodily // *Operations research*. – 1992. – Vol. 40, № 5. – P. 831–843.
12. McGill, J.I. Revenue management: research overview and prospects / J.I. McGill, G.J. van Ryzin // *Transportation science*. – 1999. – Vol. 33. – P. 233–256.
13. Ivanov, S. Hotel revenue management – a critical literature review / S. Ivanov, V. Zhechev // *Tourism*. – 2012. – Vol. 60, № 2. – P. 175–197.
14. A practitioners guide to time-series methods for tourism demand forecasting – a case study of Durban, South Africa / C.J.S. Burger [et.al.] // *Tourism management*. – 2001. – Vol. 22, № 4. – P. 403–409.
15. Chen, C. Forecasting and optimisation for hotel revenue management / C. Chen, S. Kachani // *Journal of revenue and pricing management*. – 2007. – Vol. 6, № 3. – P. 163–174.
16. Phumchusri, N. Hotel room demand forecasting via observed reservation information / N. Phumchusri, P. Mongkolkul // *Proceedings of the Asia Pacific industrial engineering and management systems conference; Asia Pacific industrial engineering and management society*. – Phuket, 2012. – P. 1978–1985.

17. Bitran, G. An application of yield management to the hotel industry considering multiple day stays / G. Bitran, S. Mondschein // *Operations research*. – 1995. – Vol. 43, № 3. – P. 427–443.
18. Models and techniques for hotel revenue management using a rolling horizon / P. Goldman [et al.] // *Journal of revenue and pricing management*. – 2002. – Vol. 1, № 3. – P. 207–226.
19. Kahneman, D. Fairness and the assumptions of economics / D. Kahneman, J.L. Knetsch, R.H. Thaler // *Journal of business*. – 1986. – Vol. 59. – P. 285–300.
20. Kahneman, D. Fairness as a constraint on profit seeking: entitlements in the market / D. Kahneman, J.L. Knetsch, R.H. Thaler // *The American Economic Review*. – 1986. – Vol. 76, № 4. – P. 728–741.
21. Kimes, S.E. Perceived fairness of yield management / S.E. Kimes // *The Cornell hotel and restaurant administration*. – 1994. – Vol. 35, № 1. – P. 22–24.
22. Revenue management: resolving potential customer conflicts / J. Wirtz [et al.] // *Journal of revenue and pricing*. – 2003. – Vol. 2, № 3. – P. 216–226.
23. Palmer, A. Variable pricing through revenue management: a critical evaluation of affective outcomes / A. Palmer, U. McMahon-Beattie // *Management research news*. – 2008. – Vol. 31, № 3. – P. 189–199.
24. Besanko, D. Optimal price skimming by a monopolist facing rational consumers / D. Besanko, W.L. Winston // *Management science*. – 1990. – Vol. 36, № 5. – P. 555–567.
25. Anderson, C.K. Wait or Buy? The strategic consumer: pricing and profit implications / C.K. Anderson, J.G. Wilson // *The Journal of the Operational Research Society*. – 2003. – Vol. 54. – P. 299–306.
26. Interval scheduling: a survey / A.W.J. Kolen [et al.] // *Naval Research Logistics*. – 2007. – Vol. 54, № 5. – P. 530–543.
27. Kovalyov, M.Y. Fixed interval scheduling: models, applications, computational complexity and algorithms / M.Y. Kovalyov, C.T. Ng, T.C.E. Cheng // *European Journal of Operational Research*. – 2007. – Vol. 178. – P. 331–342.
28. A graph-theoretic approach to interval scheduling on dedicated unrelated parallel machines / C.T. Ng [et al.] // *Journal of the Operational Research Society* [Electronic resource]. – Mode of access : <http://goo.gl/kOW6fH>. – Date of access : 22.04.2014.
29. Pullman, M. Capacity management for hospitality and tourism : a review of current approaches / M. Pullman, S. Rogers // *International Journal of Hospitality Management*. – 2010. – Vol. 29, № 1. – P. 177–187.
30. Hadjinicola, G.C. The overbooking problem in hotels with multiple tour-operators / G.C. Hadjinicola, C. Panayi // *International Journal of Operations and Production Management*. – 1997. – Vol. 17, № 9. – P. 874–885.
31. Ivanov, S. Dynamic overbooking limits for guaranteed and nonguaranteed hotel reservations / S. Ivanov // *Tourism Today*. – 2007. – Vol. 7. – P. 100–108.
32. Ivanov, S. Management of overbookings in the hotel industry – basic concepts and practical challenges / S. Ivanov // *Tourism Today*. – 2006. – Vol. 6. – P. 19–32.
33. Koide, T. The hotel yield management with two types of room prices, overbooking and cancellations / T. Koide, H. Ishii // *International Journal of Production Economics*. – 2005. – Vol. 93, № 94. – P. 417–428.
34. Netessine, S. Introduction to the theory and practice of yield management / S. Netessine, R. Shumsky // *INFORMS Transactions on Education*. – 2002. – Vol. 3, № 1. – P. 34–44.
35. Kimes, S.E. The strategic levers of yield management / S.E. Kimes, R.B. Chase // *Journal of Service Research*. – 1998. – Vol. 1, № 2. – P. 156–166.
36. Vinod, B. Unlocking the value of revenue management in the hotel industry / B. Vinod // *Journal of Revenue and Pricing Management*. – 2004. – Vol. 3, № 2. – P. 178–190.
37. Hanks, R.D. Discounting in the hotel industry. A new approach / R.D. Hanks, R.G. Cross, R.P. Noland // *Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*. – 2002. – Vol. 43, № 4. – P. 94–103.
38. Ng, I.C.L. A demand-based model for the advance and spot pricing of services / I.C.L. Ng // *Journal of Product and Brand Management*. – 2009. – Vol. 18, № 7. – P. 517–528.
39. Zhang, M. Fencing in the context of revenue management / M. Zhang, P.C. Bell // *International Journal of Revenue Management*. – 2010. – Vol. 4, № 1. – P. 42–68.

40. Carvell, S.A. Exotic reservations – low price guarantee / S.A. Carvell, D.A. Quan // *International journal of hospitality management*. – 2008. – Vol. 27, № 2. – P. 162–169.
41. Room rate parity analysis across different hotel distribution channels in the U.S. / T. Demirciftci [et al.] // *Journal of Hospitality Marketing & Management*. – 2010. – Vol. 19, № 4. – P. 295–308.
42. Bitran, G. Periodic pricing of seasonal product in retailing / G. Bitran, S. Mondschein // *Management science*. – 1997. – Vol. 43. – P. 427–443.
43. Feng, Y. Optimal starting times for end-of-season sales and optimal stopping times for promotional fares / Y. Feng, G. Gallego // *Management science*. – 1995. – Vol. 41. – P. 1371–1391.
44. Gallego, G. Optimal dynamic pricing of inventories with stochastic demand over finite horizons / G. Gallego, G. van Ryzin // *Management science*. – 1994. – Vol. 40. – P. 999–1020.
45. Brynjolfsson, E. Frictionless Commerce? A Comparison of internet and conventional retailers / E. Brynjolfsson, M. Smith // *Management science*. – 1999. – Vol. 46, № 4. – P. 563–585.
46. Boyd, E.A. Revenue management and e-commerce / E.A. Boyd, I.C. Bilegan // *Management science*. – 2003. – Vol. 49, № 10. – P. 1363–1386.
47. van Ryzin, G. A multi-product dynamic pricing problem and its applications to network yield management / G. van Ryzin, G. Gallego // *Operations research*. – 1997. – Vol. 45. – P. 24–41.
48. Ladany, S. Optimal cruise-liner passenger cabin pricing policy / S. Ladany, A. Arbel // *European journal of operational research*. – 1991. – Vol. 55, № 2. – P. 136–147.
49. You, P.S. Dynamic pricing in airline seat management for flights with multiple flight legs / P.S. You // *Transportation science*. – 1999. – Vol. 33, № 2. – P. 192–206.
50. Gaimon, C. Simultaneous and dynamic price, production, inventory and capacity decisions / C. Gaimon // *European journal of operational research*. – 1988. – Vol. 35. – P. 426–441.
51. Lau, A.H.L. The newsboy problem with price dependent demand distribution / A.H.L. Lau, H.S. Lau // *IIE transactions*. – 1988. – Vol. 20, № 2. – P. 168–175.
52. Weatherford, L.R. Optimization of perishable-asset revenue management problems that allow prices as decision variables / L.R. Weatherford // *International journal of services technology and management*. – 2001. – Vol. 2, № 1/2. – P. 71–101.
53. Chatwin, R.E. Optimal dynamic pricing of perishable products with stochastic demand and a finite set of prices / R.E. Chatwin // *European journal of operational research*. – 2000. – Vol. 125. – P. 149–174.
54. Feng, Y. Perishable asset revenue management with Markovian time dependent demand intensities / Y. Feng, G. Gallego // *Management science*. – 2000. – Vol. 46. – P. 941–956.
55. Feng, Y. A continuous-time yield management model with multiple prices and reversible price changes / Y. Feng, B. Xiao // *Management science*. – 2000. – Vol. 48. – P. 644–657.
56. Feng, Y. Optimal policies of yield management with multiple predetermined prices / Y. Feng, B. Xiao // *Management science*. – 2000. – Vol. 48. – P. 332–343.
57. Tranter, K.A. Introduction to revenue management for the hospitality industry / K.A. Tranter, T. Stuart-Hill, J. Parker. – Harlow : Pearson Prentice hall, 2008. – 352 p.
58. Emeksiz, M. A yield management model for five-star hotels: computerized and non-computerized implementation / M. Emeksiz, D. Gursoy, O. Icoz // *International journal of hospitality management*. – 2006. – Vol. 25, № 4. – P. 536–551.
59. Cross, R.G. Revenue management / R.G. Cross. – N.Y. : Broadway books, 1997. – 288 p.
60. Pölt, S. Forecasting is difficult – especially if it refers to the future / S. Pölt // *Reservations and yield management study group annual meeting proceedings*. – Melbourne, 1998. – 32 p.
61. Weatherford, L.R. Forecasting for hotel revenue management: testing aggregation against disaggregation / L.R. Weatherford, S.E. Kimes, D.A. Scott // *Cornell hotel and restaurant administration quarterly*. – 2001. – Vol. 42. – P. 53–64.
62. Lee, A.O. Airline reservations forecasting: probabilistic and statistical models of the booking process: PhD thesis / O.A. Lee. – Cambridge, 1990. – 266 p.
63. The accuracy of extrapolation (time series) methods: results of a forecasting competition / S. Makridakis [et al.] // *Journal of forecasting*. – 1982. – Vol. 1. – P. 111–153.
64. Weatherford, L.R. A comparison of forecasting methods for hotel revenue management / L.R. Weatherford, S.E. Kimes // *International journal of forecasting*. – 2003. – Vol. 19. – P. 401–415.



65. Fildes, R. Forecasting competitions – their role in improving forecasting practice and research / R. Fildes, K. Ord // *A companion to economic forecasting* / M.P. Clements, D.F. Hendry. – Oxford, 2002. – Ch. 15. – P. 322–353.
66. Ben-Akiva, M. Improving airline passenger forecasts using reservation data / M. Ben-Akiva // *Fall ORSA/TIMS conference*. – St. Louis, 1987.
67. Forecasting uncertain hotel room demand / M. Rajopadhye [et al.] // *Information sciences*. – 2001. – Vol. 132, № 1–4. – P. 1–11.
68. Yüksel, S. An integrated forecasting approach to hotel demand / S. Yüksel // *Mathematical and computer modelling*. – 2007. – Vol. 46, № 7, 8. – P. 1063–1070.
69. Lim, C. An econometric analysis of hotel-motel room nights in New Zealand with stochastic seasonality / C. Lim, F. Chan // *International journal of revenue management*. – 2011. – Vol. 5, № 1. – P. 63–83.
70. Lim, C. Forecasting hotel guest nights in New Zealand / C. Lim, C. Chang, M. McAleer // *International journal of hospitality management*. – 2009. – Vol. 28, № 2. – P. 228–235.
71. Armstrong, J.S. Error measures for generalizing about forecasting methods: empirical comparisons / J.S. Armstrong, F. Collopy // *International journal of forecasting*. – 1992. – Vol. 8. – P. 69–80.
72. Zakhary, A. A comparative study of the pickup method and its variations using a simulated hotel reservation data / A. Zakhary, N. El. Gayar, A.F. Atiya // *ICGST international journal on artificial intelligence and machine learning*. – 2008. – Vol. 8. – P. 15–21.
73. Schnaars, S.P. Situational factors affecting forecast accuracy / S.P. Schnaars // *Journal of marketing research*. – 1984. – Vol. 21. – P. 290–297.
74. Weatherford, L.R. A tutorial on optimization in the context of perishable-asset revenue management problems for the airline industry / L.R. Weatherford // *Operations research in the airline industry* / ed. G. Yu. – Boston, 1998. – P. 68–100.
75. Pak, K. Airline revenue management: an overview of OR techniques 1982–2001 / K. Pak, N. Piersma // *Erasmus University Rotterdam [Electronic resource]*. – 2002. – Mode of access : <http://repub.eur.nl/pub/584>. – Date of access : 22.04.2014.
76. Littlewood, K. Forecasting and control of passenger bookings / K. Littlewood // *AGIFORS symposium proc. 12, Nathanya, 1972; Alliance group of the international federation of operational research scientists*. – Nathanya, 1972.
77. Belobaba, P.P. Air travel demand and airline seat inventory management: PhD thesis / P.P. Belobaba. – Cambridge, 1987. – 236 p.
78. Curry, R.E. Optimal airline seat allocation with fare classes nested by origin and destinations / R.E. Curry // *Transportation science*. – 1990. – Vol. 24. – P. 193–204.
79. Wollmer, R.D. An airline seat management model for a single leg route when lower fare classes book first / R.D. Wollmer // *Operations research*. – 1992. – Vol. 40. – P. 26–37.
80. Brumelle, S.L. Airline seat allocation with multiple nested fare classes / S.L. Brumelle, J.I. McGill // *Operations research*. – 1993. – Vol. 41. – P. 127–137.
81. Lee, T.C. A model for dynamic airline seat inventory control with multiple seat bookings / T.C. Lee, M. Hersh // *Transportation science*. – 1993. – Vol. 27. – P. 252–265.
82. Kleywegt, A.J. The dynamic and stochastic knapsack problem / A.J. Kleywegt, J.D. Papastavrou // *Operations research*. – 1998. – Vol. 46. – P. 17–35.
83. Subramanian, J. Airline yield management with overbooking, cancellations, and no-shows / J. Subramanian, Jr. S. Stidham, C.J. Lautenbacher // *Transportation science*. – 1999. – Vol. 33. – P. 147–167.
84. Williams, H.P. Model building in mathematical programming / H.P. Williams. – Chichester, N.Y. : Wiley, 1999. – 353 p.
85. Писарук, Н.Н. Модели и методы смешанно-целочисленного программирования / Н.Н. Писарук. – Минск : БГУ, 2010. – С. 205–208.
86. The passenger mix problem in the scheduled airlines / F. Glover [et al.] // *Interfaces*. – 1982. – Vol. 12. – P. 73–79.
87. Talluri, K.T. A randomized linear programming method for computing network bid prices / K.T. Talluri, G.J. van Ryzin // *Transportation science*. – 1999. – Vol. 33. – P. 207–216.

88. Williamson, E.L. Airline network seat inventory control: methodologies and revenue impacts: PhD thesis / E.L. Williamson. – Cambridge, 1992. – 270 p.
89. Wei, Y.J. Airline O-D control using network displacement concepts: MS thesis / Y.J. Wei. – Cambridge, 1997. – 139 p.
90. Talluri, K.T. An analysis of bid-price controls for network revenue management / K.T. Talluri, G.J. van Ryzin // *Management science*. – 1998. – Vol. 44, № 11. – P. 1577–1593.
91. Chen, V.C.P. A Markov decision problem based approach to the airline YM problem / V.C.P. Chen, D. Gunther, E.L. Johnson // Georgia institute of technology, The Logistics Institute [Electronic resource]. – Mode of access : <http://goo.gl/H77hjL>. – Date of access : 22.04.2014.
92. van Ryzin, G. Revenue management / G. van Ryzin, K.T. Talluri // *Handbook of transportation science* / ed. R.W. Hall. – Boston, 2003. – Ch. 16. – P. 599–659.
93. Cooper, W.L. A class of hybrid methods for revenue management / W.L. Cooper, T. Homem-de-Mello // Northwestern university, Department of industrial engineering and management sciences [Electronic resource]. – Mode of access : <http://goo.gl/pJzeF9>. – Date of access : 22.04.2014.
94. Lai, K.-K. A stochastic approach to hotel revenue optimization / K.-K. Lai, W.-L. Ng // *computers and operations research*. – 2005. – Vol. 32, № 5. – P. 1059–1072.
95. A stochastic approach to hotel revenue management considering multiple-day stays / S. Liu [et al.] // *International journal of information technology and decision making*. – 2006. – Vol. 5, № 3. – P. 545–556.
96. Liu, S. Booking models for hotel revenue management considering multiple-day stays / S. Liu, K.K. Lai, S.-Y. Wang // *International journal of revenue management*. – 2008. – Vol. 2, № 1. – P. 78–91.
97. Baker, T.K. The benefits of optimizing prices to manage demand in hotel revenue management systems / T.K. Baker, D.A. Collier // *Production and operations management*. – 2003. – Vol. 12. – P. 502–518.
98. Forecasting hotel arrivals and occupancy using Monte Carlo simulation / A. Zakhary [et al.] // *Journal of revenue and pricing management*. – 2011. – Vol. 10, № 4. – P. 344–366.
99. Bertsimas, D. Restaurant revenue management / D. Bertsimas, R. Shioda // *Operations research*. – 2003. – Vol. 51. – P. 472–486.
100. Badinelli, R.D. An optimal, dynamic policy for hotel yield management / R.D. Badinelli // *European journal of operations research*. – 2000. – Vol. 121. – P. 476–503.
101. Padhi, S.S. Competitive revenue management for fixing quota and price of hotel commodities under uncertainty / S.S. Padhi, V. Aggarwal // *International journal of hospitality management*. – 2011. – Vol. 30, № 3. – P. 725–734.
102. Dynamic pricing and the direct-to-customer model in the automotive industry / S. Biller [et al.] // *Electronic commerce research*. – 2005. – Vol. 5, № 2. – P. 309–334.

Поступила 27.11.2013

*Объединенный институт проблем  
информатики НАН Беларуси,  
Минск, Сурганова, 6  
e-mail: andrei.bandalouski@gmail.com*

**A.M. Bandalouski**

## **AN OVERVIEW OF THE HOTEL REVENUE MANAGEMENT MODELS**

The paper gives a brief scope of Hotel Revenue Management theory and discusses its basic definitions. It also suggests a new classification of Revenue Management processes and surveys dynamic pricing, forecasting and optimization models employed in Hotel Revenue Management. Last section proposes promising directions of future research.