МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра "Автомобильный транспорт и автосервис"

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
"Принятие решений в условиях определенности",
"Принятие решений в условиях риска и неопределенности"
для студентов специальности 190601 –
Автомобили и автомобильное хозяйство

Курган 2009

Кафедра "Автомобильный транспорт и автосервис"

Дисциплина "Управление техническими системами" (специальность 190601).

Составили: канд. техн. наук, доцент Шарыпов А.В.
д-р техн. наук., профессор Васильев В.И.

Утверждены на заседании кафедры "28" мая 2009г.

Рекомендованы методическим советом университета
"10" июля 2009г.

Лабораторная работа

Принятие решений в условиях определенности

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Закрепить знания студентов по методам принятия решений в условиях определенности.

Получить навыки принятия инженерных решений в условиях определенности.

2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Управление любой системой осуществляется на основании решения. Под **решением** понимается выбор на основании установленных критериев одной или нескольких из возможных альтернатив развития, изменяющих состояние системы.

Эффективность управления (управляющих воздействий) есть степень соответствия (фактического или ожидаемого) результата требуемому (желаемому) или, иными словами, степень достижения цели.

Для оценки эффективности управления используются критерии эффективности.

В практике оптимизации критерий эффективности называют также критерием оптимизации, параметром оптимизации, а чаще всего – целевой функцией.

Целевая функция F устанавливает количественные связи между уровнем достижения поставленных целей и факторами, которые влияют на состояние системы:

$$F = f(X_1, X_2, ..., X_i, ..., X_m), \qquad (2.1)$$

где X_i - факторы, влияющие на целевую функцию F.

От выбора целевой функции в решающей степени зависит решение, которое будет принято при управлении системой.

В общем случае показатель эффективности или целевая функция может зависеть от трех групп факторов (или подсистем):

$$F = F(\overbrace{a_1, a_2, a_3, ... a_n}^{\text{I}};\ \overbrace{x_1, x_2, x_3 ... x_m}^{\text{II}};\ \overbrace{z_1, z_2, z_3 ... z_k}^{\text{III}}) \qquad (2.2)$$

Первая группа факторов характеризует условия выполнения операции, которые заданы и не могут быть изменены в ходе ее выполнения. Для конкретного АТП это: климатические условия, влияющие на надежность парка; дорожные условия обслуживаемого региона, влияющие на надежность и производительность автомобилей и др.

Вторая группа, которая иногда называется элементами решения, может меняться при управлении, влияя на целевую функцию. Эти факторы выбираются из дерева систем ТЭА. Примеры второй группы факторов: качество ТО и ТР, квалификация персонала, уровень механизации и др.

Третья группа – заранее неизвестные условия, влияние которых на эффективность системы неизвестно или изучено недостаточно. Например, конкретные погодные условия "на завтра", число требований на текущий ремонт в течение следующей смены, определяющее простой автомобилей в ремонте, загрузку постов и персонала, психофизиологическое состояние водителя, влияющее на безопасность движения и эксплуатационную надежность автомобиля и др.

Первая и третья группы факторов иногда условно объединяются общим понятием "природа", которое характеризует все внешние для системы условия, влияющие на исход операции, мероприятия, программы.

При рациональном управлении значение целевой функции улучшается, а при оптимальном – становится наилучшим (минимальным или максимальным).

При принятии решений используются различные методы, которые можно классифицировать в зависимости от способа принятия решения, имеющейся информации, применяемого аппарата и т.д.

В зависимости от объема и характера имеющейся информации решения подразделяются на:

– принимаемые в условиях определенности;

– при наличии риска;

– в условиях неопределенности.

В условиях определенности состояние природы известно, т.е. третья группа факторов (формула 2.2) отсутствует или может приниматься постоянной, превращаясь в первую группу.

Экономическое планирование, проектирование сооружений и многая другая творческая деятельность инженера связана с поиском рационального решения поставленной задачи.

При этом *оптимальным* называют наилучший в определенном смысле вариант из всех возможных.

Постановка и решение задачи оптимизации

Этап выбора оптимальных решений состоит из двух основных процедур:

– постановки оптимизационной задачи;

– собственно решение задачи, т.е. отыскания значений варьируемых параметров или состава формируемого комплекса, которые обеспечивают максимальную степень достижения цели в заданных конкретных условиях.

Постановка задачи.

Для решения оптимизационной задачи необходимо построить:

– целевую функцию или критерий оптимальности, которые зависели бы только от варьируемых (искомых) параметров и известных (заданных или измеряемых) показателей;

– систему ограничений, определяющих заданные условия решения задачи и содержащих также лишь искомые и известные величины.

Приступая к разработке содержательной и математической постановки оптимизационной задачи, в первую очередь необходимо дать четкую формулировку сущности задачи.

Дальнейшей процедурой постановки оптимизационной задачи следует считать выбор варьируемых переменных. По определению, варьируемыми переменными следует считать те параметры, выбор которых максимально влияет на степень достижения целей. Это искомые значения параметров.

В общем случае при выполнении этой процедуры необходимо:

– выделить все те параметры, изменение которых зависит от нас, а определение оптимальных значений составляет суть задачи;

– рассмотреть позитивные и негативные последствия влияния этих параметров на функционирование объекта и убедиться (пока качественно), что в пределах допустимых изменений этих параметров может существовать наивыгоднейший компромисс между выигрышем в достижении одних подцелей и проигрышем в достижении других;

– рассмотреть взаимосвязи выделенных параметров и выбрать взаимно независимые, учитывая при прочих равных условиях, какие из взаимосвязанных параметров наиболее употребительны (являются основными) в принятой системе.

Следующая процедура постановки задачи состоит в том, чтобы выразить целевую функцию (критерий оптимальности) через варьируемые параметры и заданные (известные) величины.

Нахождение численных значений варьируемых переменных, соответствующих условиям, заложенным в постановке задачи, составляет процедуру, именуемую собственно решением задачи.

Следует заметить, что оптимизация всякого реального объекта обычно сопряжена с наличием ряда дополнительных условий, т.е. может оказаться ***задачей с ограничениями***.

3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Формулировка задачи. В АТП необходимо спроектировать открытый цилиндрический резервуар (рисунок 1) для хранения масла емкостью *V,* где *V-регламентируемый параметр.*

Дополнительные условия задачи:

– минимизировать расход материала;

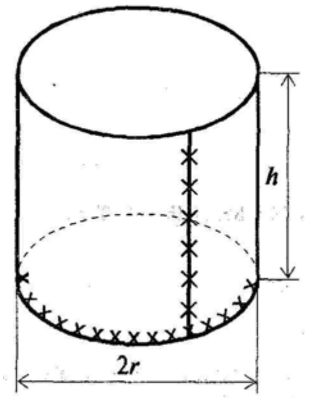
– обеспечить минимальный объем сварочных работ;

– минимизировать себестоимость изделия, принимая:

а) стоимость квадратной единицы листового материала равной q_1;

б) стоимость выполнения единицы длины сварного шва равной q_2;

– минимизировать расход материала с дополнительным условием: поместить резервуар в помещении с размерами не более чем $d \times d$, где d – регламентируемый параметр.



r – радиус резервуара; h – высота резервуара

Рисунок 3.1– Открытый цилиндрический резервуар

1 Используя исходные данные поставленной задачи, построить целевые функции с учетом различных дополнительных условий.

2 Определить оптимальные параметры резервуара в общем виде.

3 Используя заданные значения регламентируемых параметров V и d (таблица 3.1), определить количественные значения оптимальных параметров резервуара.

4 Провести анализ результатов решений и сделать выводы по проведенной работе.

5 Оформить отчет по лабораторной работе.

Таблица 3.1– Варианты заданий

Параметры	Варианты														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
V, $м^3$	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
d, $м$	1,0	1,5	1,8	1,6	1,9	2,0	1,8	2,5	2,6	3,0	3,2	3,5	3,4	3,7	3,5

4 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1 Наименование и цель работы.

2 Постановка задачи.

3 Целевые функции.

4 Результаты решений.

5 Выводы и заключение.

5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1 Что такое критерий эффективности управления системой и способы его задания?

2 Как изменяется значение целевой функции при рациональном управлении?

3 Какое значение принимает целевая функция при оптимальном управлении?

4 Когда решение принимается в условиях определенности?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Кузнецов, Е.С. Управление техническими системами [Текст] : учебное пособие / Е.С. Кузнецов. – М. : МАДИ, 1997. – 176 с.

2 Мухин, В.И. Исследование систем управления [Текст] : учебник / В.И. Мухин. – М. : Экзамен, 2002. – 384 с.

Лабораторная работа

Принятие решений в условиях риска и неопределенности

1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Закрепить знания студентов по методам принятия решений в условиях риска и неопределенности.

Получить навыки принятия инженерных решений в условиях риска и неопределенности.

2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Когда действуют все три группы факторов, (формула 2.2, лабораторная работа " Принятие решений в условиях определенности "), задача выбора решения формулируется следующим образом: при заданных условиях с учетом действия неизвестных факторов требуется найти элементы решения, которые по возможности обеспечивали бы получение экстремального значения целевой функции.

2.1 Понятие об игровых методах

Задачи принятия решений, с которыми приходится сталкиваться менеджеру, можно классифицировать по ограниченности имеющейся информации:

– с полной, т.е. достоверной информацией;

– с неполной, т.е. неопределенной информацией.

Неточность информации приводит к двум типам ситуаций, в которых менеджеру приходится принимать решения:

– принятие решений в условиях риска;

– принятие решений в условиях неопределенности.

При классификации по наличию начальных данных определенность и неопределенность являются крайними случаями, а риск моделирует промежуточную ситуацию.

Если известны вероятности состояний внешней среды, то решение, которое необходимо принять менеджеру, трактуется как **выбор в условиях риска.**

Если же о вероятностях состояния "природы" ничего неизвестно, то играющему против "природы" свой **выбор приходится осуществлять в условиях неопределенности**.

Одним из методов принятия решений в условиях дефицита информации является анализ рыночной, производственной или другой ситуации с использованием **теории игр и статистических решений.**

Для того чтобы произвести математический анализ ситуации, строят ее упрощенную, очищенную от второстепенных деталей модель, называемую **игрой.** В игре функционируют стороны и рассматриваются (воспроизводятся) их возможные **стратегии,** т.е. совокупность правил, предписывающих определенные действия в зависимости от ситуации, сложившейся в ходе игры. Обычно в игре выступают две стороны, и такая игра называется парной. Если в игре участвуют несколько участников, то игра называется **множественной.**

Если в реальной ситуации сталкиваются активно противоборствующие стороны (конкурирующие на рынке предприятия, спортивные соревнования, военные действия), то моделирующая эту ситуацию игра называется **конфликтной,** или **антагонистической.** В этих играх стороны осмысленно противодействуют друг другу, и выигрыш одной стороны означает проигрыш другой.

При решении организационных, технических и технологических задач обычно рассматриваются две стороны:

А – организаторы производства (активная сторона), т.е. руководители ИТС АТП, станции технического обслуживания, других предприятий всех форм собственности, предоставляющих услуги потребителям;

П – совокупность случайно возникающих производственных или рыночных ситуаций ("природа").

Активная сторона должна выбрать такую стратегию, т.е. принять решение, чтобы получить максимальный эффект. При этом "природа", т.е. складывающиеся производственные ситуации, активно не противодействует мероприятиям организаторов производства, но точное состояние "природы" (П) им неизвестно.

Подобные игры называются "играми с природой" (производством), а применяемые методы – статистическими решениями.

Принятие решений игровыми методами основывается на определенных правилах, которые регламентируют возможные варианты (стратегии) действия сторон, участвующих в игре; наличие и объем информации каждой стороны о поведении другой; результат игры, т.е. изменение целевой функции при сочетаниях определенных стратегий сторон и др.

В процессе игры стороны оценивают ситуацию, принимают решения, делают ходы, т.е. предпринимают определенные действия по изменению ситуации в свою пользу.

Ходы бывают личными – сознательный выбор стороны из возможных вариантов действий, случайными – это выбор из ряда возможных, определяемый механизмом вероятностного отбора вариантов, а не самим участником игры, и смешанными.

Смешанные ходы представляют комбинацию личных и случайных. Если число возможных стратегий ограничено, то игры называются конечными, а при неограниченном числе стратегий – бесконечными.

Принятие решений в условиях риска

Используя понятие целевой функции, задача выбора решения в условиях риска формулируется следующим образом: при заданных условиях a_n и действии внешних факторов z_k, вероятность появления которых известна, найти элементы решений x_m, по возможности обеспечивающих получение экстремального значения целевой функции.

Принятие решений в условиях неопределенности

Эти условия отличаются от принятия решений в условиях риска тем, что информация о состоянии природы $П_j$ отсутствует $(q_j = ?)$. В этом и состоит неопределенность задачи.

Наиболее распространены следующие методы принятия решений в условиях неопределенности при играх с природой.

1 Сведение неизвестных вероятностей q_j к известным, т.е. переход к задаче принятия решений в условиях риска.

Наиболее простой способ – это **принцип недостаточного основания Лапласа**, в соответствии с которым ни одному из m состояний природы $П_j$ не отдается предпочтения и для них назначается равная вероятность, т.е. $q_1 = q_2 = q_3 = ...q_j = 1/j$ для всех состояний.

2 Если информация о вероятности состояний $П_j$ отсутствует, то события на основании ранее накопленного опыта могут быть ранжированы, т.е. расположены в порядке убывания (или возрастания) вероятностей, например, с использованием экспертного метода. При этом ранги переводятся в места и по соответствующей методике определяются вероятности.

После определения вероятностей q_j расчет проводится по методике принятия решений в условиях риска.

3 Если вероятности состояния системы $П_j$ не могут быть определены или оценены рассмотренными способами, то применяют специальные критерии: максиминный, минимаксный и промежуточный.

Максиминный критерий $К_1$ (Вальда) обеспечивает выбор стратегии A_i, при которой в любых условиях гарантирован выигрыш, не меньший максиминного:

$$K_1 = \alpha = \max_i \alpha_i = \max_i \min_j b_{ij}. \qquad (2.1)$$

Для определения такой стратегии по платежной матрице определяют для каждой стратегии организаторов A_i, минимальный выигрыш α_i, т.е. $\alpha_i = \min b_{ij}$. Для этого в платежной матрице для каждой стратегии A_i просматривают строку данных и выбирают минимальный выигрыш. Далее из минимальных значений выигрышей выбирают максимальный, которому и соответствует рациональная стратегия организаторов производства.

Максиминный критерий $К_I$ основан на наиболее пессимистической оценке возможных производственных ситуаций и гарантирует организаторам производства выигрыш не менее величины этого критерия.

Этот критерий применяется при рискованных операциях на рынке, при освоении новых ниш на рынке товаров и услуг, апробации принципиально новых технологий и изделий большой стоимости.

Минимаксный критерий $К_{II}$ (Сэвиджа) обеспечивает выбор такой стратегии, при которой величина риска будет минимальной в наиболее неблагоприятных производственных условиях:

$$K_{II} = \min_i \max_j r_{ij} . \qquad (2.2)$$

Выбирая ту или иную стратегию поведения на производстве или рынке, организаторы производства рискуют. Применительно к рассматриваемой ситуации <u>риск</u> – это разница между максимальным выигрышем при известном состоянии производства (природы) и использовании оптимальной стратегии и неизвестном состоянии, когда могут быть применены другие стратегии $А_i$:

$$r_{ij} = (\beta_i)\max - b_{ij} . \qquad (2.3)$$

Для определения риска организаторов производства (сторона А) при применении стратегии A_i по платежной матрице рассчитывают выигрыш b_{ij} при заранее известном стороне A состоянии природы Π_j.

Для каждой стратегии производства Π_j $(\beta)\max$ определяется просмотром столбцов платежной матрицы и выбором из них максимального значения b_{ij}. Это максимальные выигрыши при известном состоянии производства Π_j. Но если фактическое состояние производства неизвестно ($\Pi_i = ?$), то ему может быть противопоставлена любая из стратегий организаторов производства $А_i$.

Полученные данные сводят в матрицу риска (таблица 7), в которой для каждой стратегии $А_i$ определяют максимальный риск (последний столбец в матрице риска).

Из всех стратегий организаторов производства выбирают ту, которая обеспечивает минимальное значение максимального риска.

При минимаксной стратегии величина риска будет минимальной в наиболее неблагоприятных условиях, т.е. предприятие гарантировано от чрезмерных потерь.

Критерий пессимизма-оптимизма (Гурвица) ориентирован на выбор в качестве промежуточного между двумя рассмотренными стратегиями:

$$K_{III} = \max_i \left[d \cdot \min_j b_{ij} + (1-d) \max_j b_{ij} \right] \ldots \qquad (2.4)$$

Коэффициент d устанавливается на основании опыта или экспертизы в пределах $0 \le d \le 1$, причем, чем серьезнее последствия принимаемых решений, тем больше d. При d=0 имеет место сверхоптимизм, а при d= 1 критерий превращается в K_I (формула 1).

На практике рассмотренные задачи принятия решений можно решать с использованием средств EXCEL.

2.2 Поддержка средствами EXCEL принятия решений в условиях риска и неопределенности

Ниже на примерах показаны основные постановки задач и методы их решения в условиях как риска, так и неопределенности. Особенность этих примеров состоит в том, что в каждом из них показано, каким образом следует сначала привести задачу к стандартному (для задач теории принятия решений) виду.

Выбор решений в условиях неопределенности включает:

– построение матрицы эффектов и ущерба и матрицы риска;

– количественную оценку вариантов.

Во всех случаях игровая матрица будет обозначаться как

$$A=\{v_{ij}(A_i;\Pi_j)\}, \qquad (2.5)$$

где A_i – стратегия игрока (менеджера); Π_j – состояние среды; $v_{ij}(A_i;\Pi_j)$ – прибыль, полученная игроком в результате применения стратегии A_i при условии нахождения среды в состоянии Π_j; i = 1,2,...,m; j =1,2,...,n.

Каждая строка матрицы (таблица 2.1) соответствует одному из вариантов намеченных альтернативных решений, а каждый столбец – одной из возможных ситуаций Π_j, которые могут возникнуть при разных значениях отсутствующей у нас информации об условиях решения проблемы или об ожидаемых результатах.

С использованием информации, которой мы задались, можно определить для каждой пары (A_i, Π_j) соответствующие значения целевой функции F_{ij}. В общем случае эти значения могут быть как положительными, так и отрицательными, т.е. количественно оценивать эффект или ущерб при сочетании i-го варианта решения и j-й ситуации.

Таблица 2.1 – Матрица эффектов и ущерба

Ситуация / Вариант	Π_1	…	Π_j	…	Π_n	$(\alpha)_{\min}$	$(\alpha)_{\max}$
A_1	v_{11}	…	v_{1j}	…	v_{1n}		
…	…	…	…	…	…		
A_i	v_{i1}	…	v_{ij}	…	v_{in}		
…	…	…	…	…	…		
Am	v_{m1}		v_{mj}	…	v_{mn}		
$(\beta_j)_{\max}$							

2.1.1 Примеры приведения задач к стандартному виду

Пример 1 Выбор размера заказа костюмов для сезонной распродажи в условиях неопределенности спроса.

Предположим, что вы являетесь управляющим магазина готового платья и должны решить, сколько костюмов вам целесообразно заказать для осеннего сезона. Если вы закажете q_2 = 100 костюмов, ваши расходы составят c_2 = 180 долларов на 1 костюм, но если вы закажете только q_1 = 50 костюмов, то ваши расходы возрастут до c_1 = 200 долларов за 1 костюм. Вы знаете также, что будете продавать костюмы в розницу по p = 300 долларов, но не уверены в том, каков окажется общий сбыт. Все нераспроданные костюмы могут быть возвращены оптовику, но лишь за половину той цены, которая была заплачена за них.

Какую из двух стратегий: закупки a_1 = 50 или a_2= 100 костюмов вам следует предпочесть?

Для ответа на этот вопрос надо вычислить прибыль $v(a_i; b_j)$ магазина готового платья при любой из двух стратегий менеджера и каждом из двух состояний экономической среды: спросе, при котором реализуются b_1 = 50 костюмов и спросе, обеспечивающем реализацию b_2 = 100 костюмов.

Решение.

Прежде чем попытаться отвечать на вопрос, поставленный в задаче, необходимо получить матрицу игры с природой согласно схеме, которая показана в таблице 2.2.

Для решения примера 1 можно вместо общих обозначений (2.5) использовать более частные, стоящие в клетках таблицы 2.1 правее знака равенства.

Согласно начальным данным, а также вычислительной схеме (таблица 2), можно составить символическую (алгебраическую) матрицу игры с природой следующего вида.

$$\begin{pmatrix} \Pi_{11} = (p - c_1) \cdot q_1 & \Pi_{12} = (p - c_1) \cdot q_1 \\ \Pi_{21} = (p - c_2) \cdot q_1 - c_2 \cdot (1 - c_{re}) \cdot (q_2 - q_1) & \Pi_{22} = (p - c_2) \cdot q_2 \end{pmatrix} \quad (2.6)$$

Таблица 2.2–Символьная форма игровой (платежной) матрицы задачи о размере заказа костюмов для сезонной распродажи

		Состояние природы (экономической среды: размер спроса)		
		Название Состояние среды	Спрос на 50 костюмов	Спрос на 100 костюмов
		Символика состояний среды	$b_1 = q_1$	$b_2 = q_2$
Стратегии	Название стратегий	Символика стратегий игрока		
1-го игрока	Заказать 50 костюмов	$a_1 = c_1$	$v(a_1;b_1) = П_{11} = S_{11} - Z_{11}$	$v(a_1;b_2) = П_{12} = S_{12} - Z_{12}$
(менеджера)	Заказать 100 костюмов	$a_2 = c_2$	$v(a_2;b_1) = П_{21} = S_{21} - Z_{21}$	$v(a_2;b_2) = П_{22} = S_{22} - Z_{22}$

Прибыль $П_{12}$ соответствует ситуации неудовлетворенного покупательского спроса (дефицита), а прибыль $П_{21}$ – избыточного накопления товаров (затоваривания) в магазине. В платежной матрице (2.6) вычитаемая из $П_{21}$ величина $c_2 \cdot (1 - c_{re}) \cdot (q_2 - q_1)$ символизирует затраты на возврат оптовику нераспроданных костюмов. Слагаемым c_{re} обозначена доля закупочной цены c_2, возмещаемая оптовиком. Для рассматриваемого примера $c_{re} = 1/2$.

Проведя в рабочей книге EXCEL подготовительные расчеты, согласно матричной схеме (2.6) можно составить конкретную численную матрицу игры с природой, образец которой представлен на рисунке 2.1.

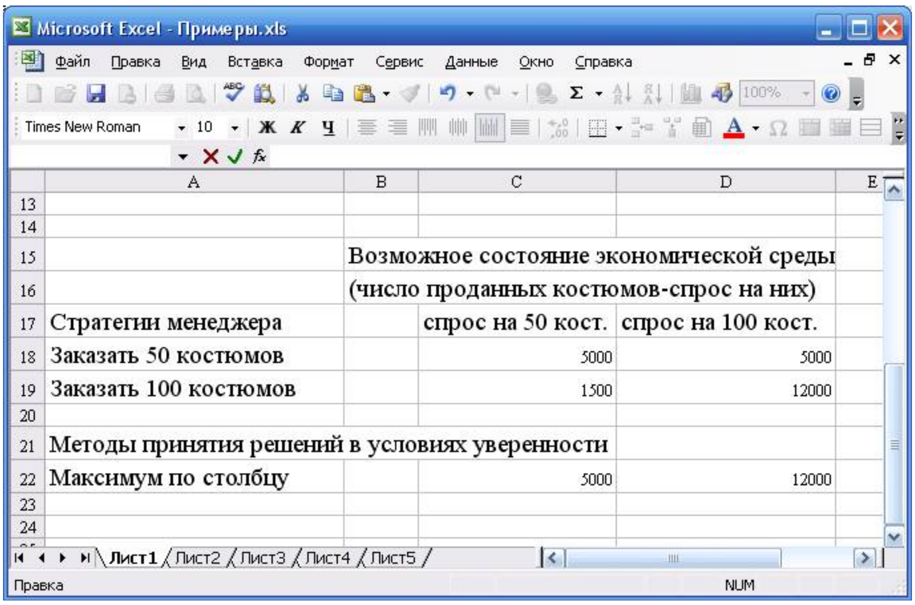


Рисунок 2.1 – Данные о прибыли в зависимости от размера заказа костюмов для сезонной распродажи и возможного спроса на них

Пример 2. Выбор числа комнат для строящегося мотеля в условиях риска и неопределенности спроса.

ООО "Сервис-авто" решает вложить свои сбережения в эксплуатацию мотеля у въезда в город. ООО располагает несколькими миллионами у.е., из которых уже затрачено 250 000 на подходящую площадку у обочины дороги.

Предприятие предполагает построить на этой площадке мотель, но руководство еще не знает, сколько именно комнат в нем выгоднее всего оборудовать: 20, 30, 40 или 50?

Смета необходимых затрат.

1 Ежегодные затраты, не зависящие от числа построенных комнат.

Благоустройство территории. Допускается, что срок постройки и благоустройства – пять лет и затраты в размере 50 000 будут погашаться в течение этого срока. Поэтому годовая часть на первичное благоустройство составляет 10 000 у.е.

Остальные постоянные затраты перечислены в таблице (рисунок 2.2), являющейся экранной копией подготовительной части расчетов, проведенных в среде MS EXCEL.

2 Ежегодные затраты, пропорциональные числу построенных комнат, полностью показаны в таблице (рисунок 2.2).

3 Ежегодные затраты, пропорциональные числу занятых комнат, также полностью показаны в таблице (рисунок 2.2).

ООО устанавливает ежедневную стоимость сдачи комнаты в гостинице в размере 60 у.е.

На основании сведений, представленных в таблице (рисунок 2.2), можно получить таблицу ежегодной прибыли (до налогообложения). Ее аналогом служит таблица (рисунок 2.3).

Выбранное число построенных комнат в этом примере является одной из стратегий менеджера (игрока), действующего в условиях неопределенности (или рискованной) экономической среды (природы). Число занятых комнат, т.е. средний спрос на них в течение года в более общей терминологии статистических игр (называемых также играми с природой) именуется состояниями природы (экономической среды).

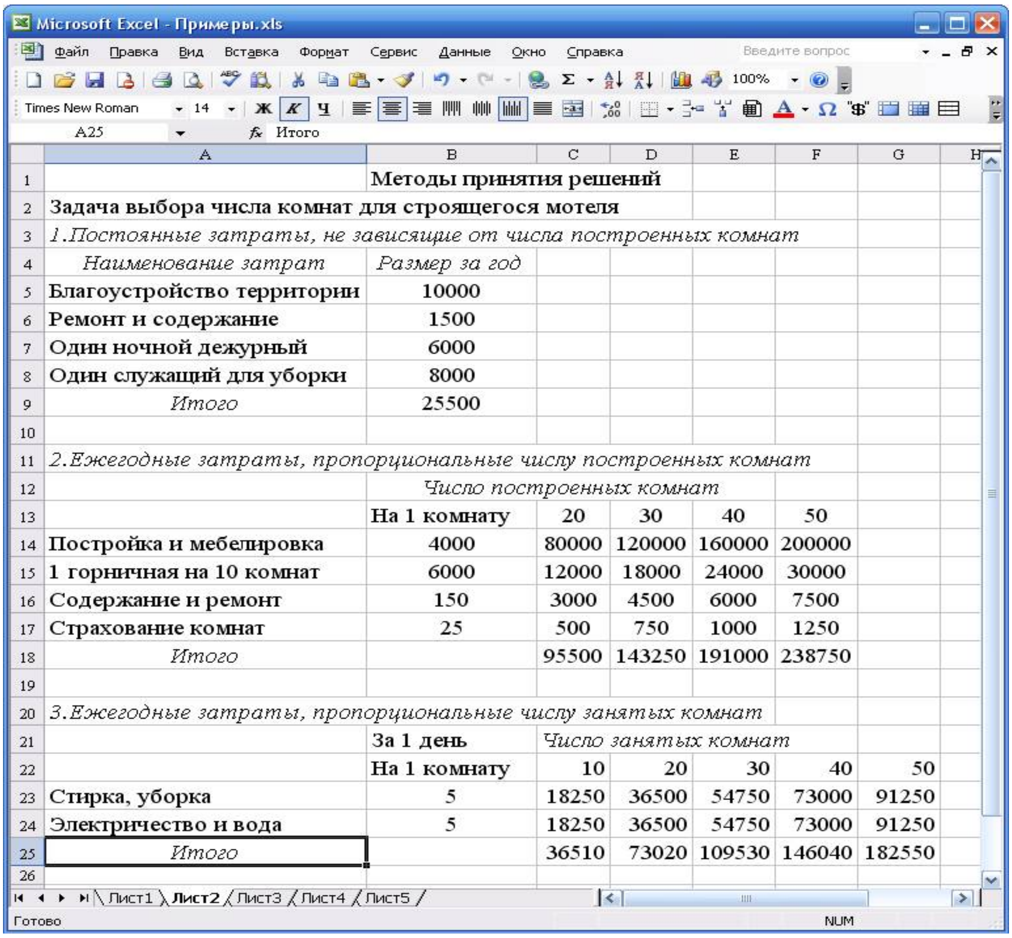
Остальные постоянные затраты перечислены в таблице (рисунок 2.2), являющейся экранной копией подготовительной части расчетов, проведенных в среде MS EXCEL.

Согласно начальным данным, а также вычислительной схеме таблица 2.2 можно обозначить произвольный элемент алгебраической матрицы игры с природой для данного примера следующим образом:

$$П(i,k) = S(k) - V(k) - d_{DIR(i)} - d_{INDIR}\,, \qquad (2.7)$$

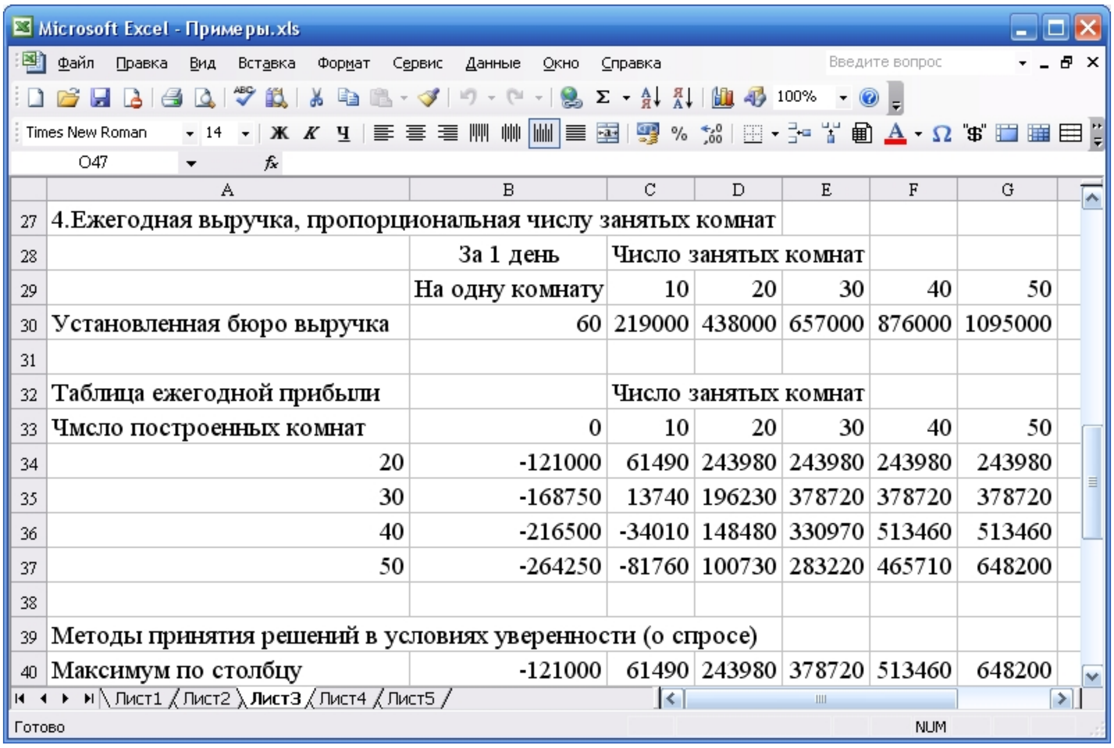
где i – номер стратегии статистика (менеджера), в данном примере – это номер числа вариантов (i=1,2,…,N) построенных комнат; k – номер варианта состояния экономической среды, в данном примере – это номер числа вариантов (k = 1,2,..,M) занятых туристами комнат; $S(k)$ – значения ежегодной выручки мотеля; $V(k)$ – значения ежегодных затрат, пропорциональных числу занятых туристами комнат, т.е. переменные затраты $-d_{DIR}(i)-$ значения ежегодных затрат, пропорциональных числу построенных комнат' т.е. прямые постоянные затраты; d_{INDIR} – значения ежегодных затрат, независимых от числа построенных комнат, т.е. косвенные постоянные затраты. Для рассматриваемого примера N=4, а M=6.

На основании сведений, представленных на рисунке 2.2, можно получить таблицу ежегодной прибыли (до налогообложения), совпадающую с той, которая представлена на рисунке 2.3.



	A	B	C	D	E	F	G
1		Методы принятия решений					
2	Задача выбора числа комнат для строящегося мотеля						
3	*1.Постоянные затраты, не зависящие от числа построенных комнат*						
4	*Наименование затрат*	*Размер за год*					
5	Благоустройство территории	10000					
6	Ремонт и содержание	1500					
7	Один ночной дежурный	6000					
8	Один служащий для уборки	8000					
9	*Итого*	25500					
10							
11	*2.Ежегодные затраты, пропорциональные числу построенных комнат*						
12			*Число построенных комнат*				
13		На 1 комнату	20	30	40	50	
14	Постройка и мебелировка	4000	80000	120000	160000	200000	
15	1 горничная на 10 комнат	6000	12000	18000	24000	30000	
16	Содержание и ремонт	150	3000	4500	6000	7500	
17	Страхование комнат	25	500	750	1000	1250	
18	*Итого*		95500	143250	191000	238750	
19							
20	*3.Ежегодные затраты, пропорциональные числу занятых комнат*						
21		За 1 день	*Число занятых комнат*				
22		На 1 комнату	10	20	30	40	50
23	Стирка, уборка	5	18250	36500	54750	73000	91250
24	Электричество и вода	5	18250	36500	54750	73000	91250
25	*Итого*		36510	73020	109530	146040	182550
26							

Рисунок 2.2 – Начальные данные задачи о выборе числа комнат в строящемся мотеле



	A	B	C	D	E	F	G
27	4.Ежегодная выручка, пропорциональная числу занятых комнат						
28		За 1 день	Число занятых комнат				
29		На одну комнату	10	20	30	40	50
30	Установленная бюро выручка	60	219000	438000	657000	876000	1095000
31							
32	Таблица ежегодной прибыли		Число занятых комнат				
33	Чмсло построенных комнат	0	10	20	30	40	50
34	20	-121000	61490	243980	243980	243980	243980
35	30	-168750	13740	196230	378720	378720	378720
36	40	-216500	-34010	148480	330970	513460	513460
37	50	-264250	-81760	100730	283220	465710	648200
38							
39	Методы принятия решений в условиях уверенности (о спросе)						
40	Максимум по столбцу	-121000	61490	243980	378720	513460	648200

Рисунок 2.3 – Данные о прибыли в зависимости от числа построенных комнат и от спроса на них

2.1.2. Решение в среде EXCEL задач принятия решений по максиминному критерию Вальда

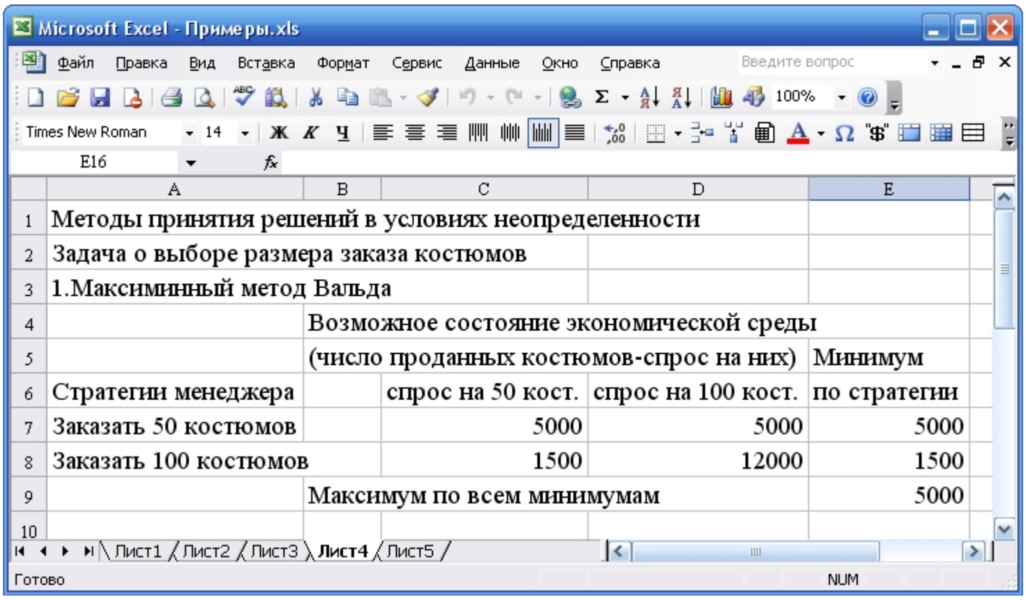
По критерию Вальда, необходимо выбрать стратегию a_i, дающую

$$\max_{a_i} \min_{b_j} v(a_i;b_j), \qquad (2.8)$$

т.е. сначала (для каждой стратегии в отдельности) вычислить минимум по всем состояниям природы (по строке), а затем – найти максимум в столбце получившихся результатов.

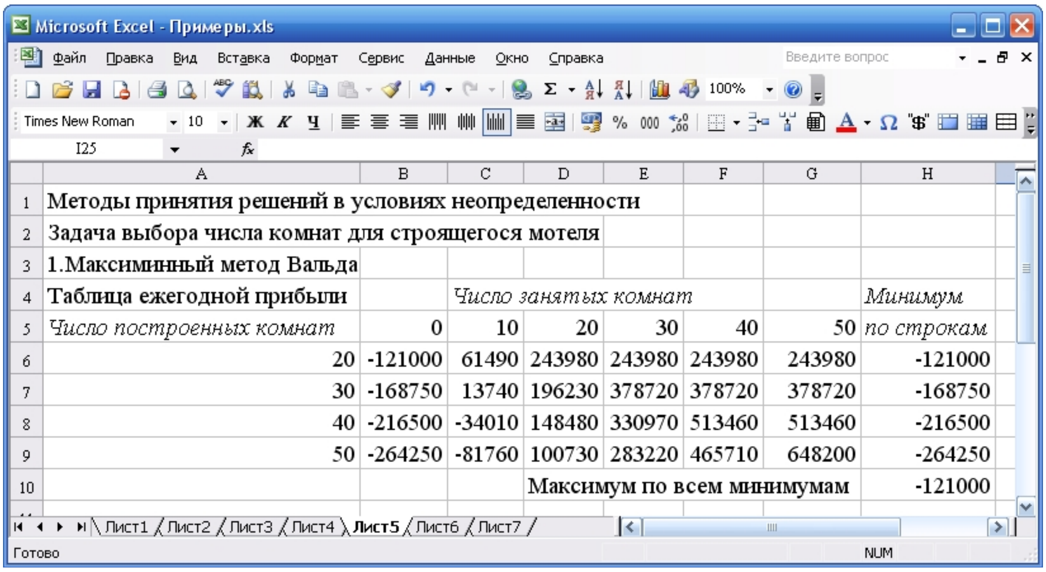
Результаты определения решения по максиминному критерию Вальда для первого и второго примеров представлены на рисунках 2.4 и 2.5 соответственно.

Если в формуле (2.5) матрица А обозначает не доходы, а затраты, то тогда необходимо применять уже не максиминный, а **минимаксный критерий Вальда.**



	A	B	C	D	E
1	Методы принятия решений в условиях неопределенности				
2	Задача о выборе размера заказа костюмов				
3	1.Максиминный метод Вальда				
4		Возможное состояние экономической среды			
5		(число проданных костюмов-спрос на них)			Минимум
6	Стратегии менеджера		спрос на 50 кост.	спрос на 100 кост.	по стратегии
7	Заказать 50 костюмов		5000	5000	5000
8	Заказать 100 костюмов		1500	12000	1500
9		Максимум по всем минимумам			5000

Рисунок 2.4 – Результаты определения решения по критерию Вальда для примера о выборе размера заказа костюмов для сезонной распродажи



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Методы принятия решений в условиях неопределенности							
2	Задача выбора числа комнат для строящегося мотеля							
3	1.Максиминный метод Вальда							
4	Таблица ежегодной прибыли		*Число занятых комнат*					*Минимум*
5	*Число построенных комнат*	0	10	20	30	40	50	*по строкам*
6	20	-121000	61490	243980	243980	243980	243980	-121000
7	30	-168750	13740	196230	378720	378720	378720	-168750
8	40	-216500	-34010	148480	330970	513460	513460	-216500
9	50	-264250	-81760	100730	283220	465710	648200	-264250
10				Максимум по всем минимумам				-121000

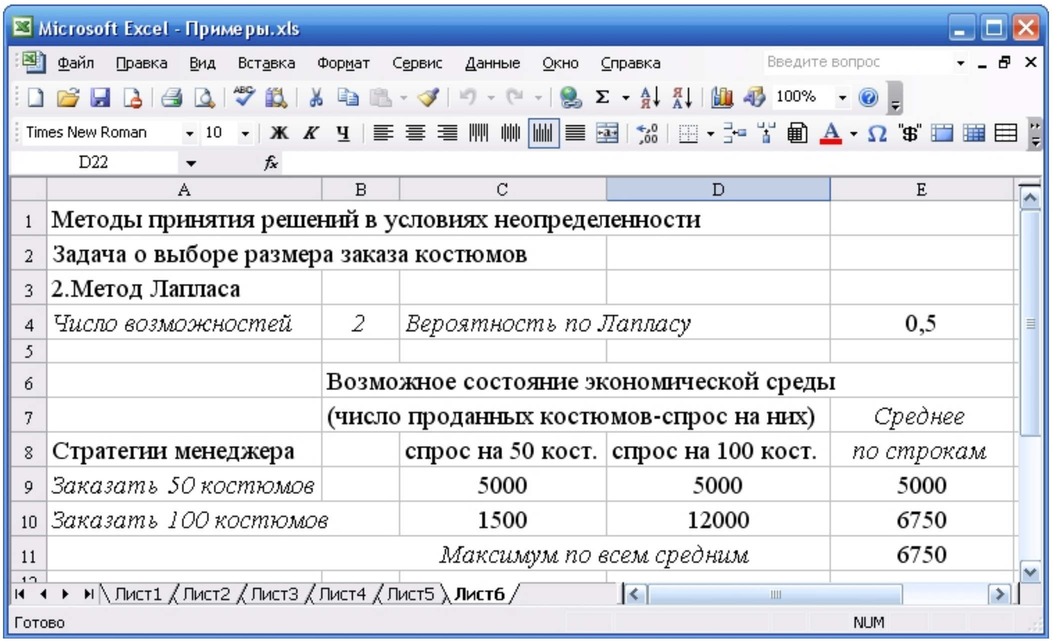
Рисунок 2.5 – Результаты определения решения по критерию Вальда для примера о выборе числа комнат для строящегося мотеля

2.1.3 Решение в среде EXCEL задач принятия решений по критерию Лапласа о равных вероятностях состояний среды

Поскольку вероятности природы неизвестны, Лаплас предложил считать их равными. В этом случае задача сводится к поиску стратегии менеджера, максимизирующей математические ожидания (для матричной формы данных - это средневзвешенные арифметические) прибылей, а именно:

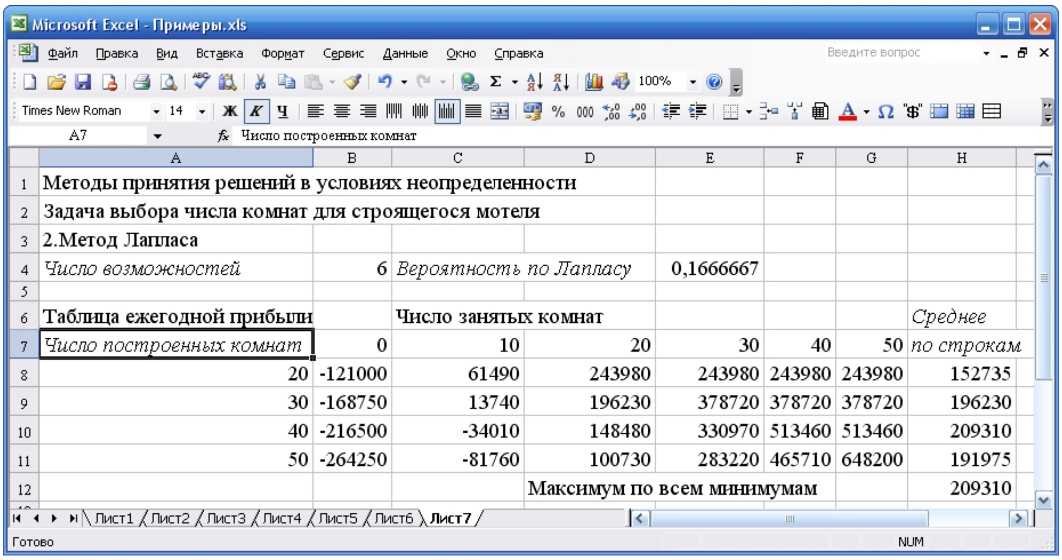
$$\max_{a_i}\left\{\sum_{j=1}^{N} v(a_i;b_j)/N\right\}. \qquad (2.9)$$

Результаты определения решения по критерию Лапласа для первого и второго примеров представлены на рисунках 2.6 и 2.7 соответственно.



	A	B	C	D	E
1	Методы принятия решений в условиях неопределенности				
2	Задача о выборе размера заказа костюмов				
3	2.Метод Лапласа				
4	*Число возможностей*	*2*	*Вероятность по Лапласу*		0,5
5					
6		Возможное состояние экономической среды			
7		(число проданных костюмов-спрос на них)			*Среднее*
8	Стратегии менеджера		спрос на 50 кост.	спрос на 100 кост.	*по строкам*
9	*Заказать 50 костюмов*		5000	5000	5000
10	*Заказать 100 костюмов*		1500	12000	6750
11			*Максимум по всем средним*		6750

Рисунок 2.6 – Результаты определения решения по критерию Лапласа для примера о выборе размера заказа костюмов для сезонной распродажи



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Методы принятия решений в условиях неопределенности							
2	Задача выбора числа комнат для строящегося мотеля							
3	2.Метод Лапласа							
4	*Число возможностей*	6	*Вероятность по Лапласу*		0,1666667			
5								
6	Таблица ежегодной прибыли		Число занятых комнат					*Среднее*
7	*Число построенных комнат*	0	10	20	30	40	50	*по строкам*
8	20	-121000	61490	243980	243980	243980	243980	152735
9	30	-168750	13740	196230	378720	378720	378720	196230
10	40	-216500	-34010	148480	330970	513460	513460	209310
11	50	-264250	-81760	100730	283220	465710	648200	191975
12				Максимум по всем минимумам				209310

Рисунок 2.7 – Результаты определения решения по критерию Лапласа для примера о выборе числа комнат для строящегося мотеля

2.1.4 Решение в среде EXCEL задач принятия решений по минимаксному критерию Сэвиджа сожаления об упущенной выгоде

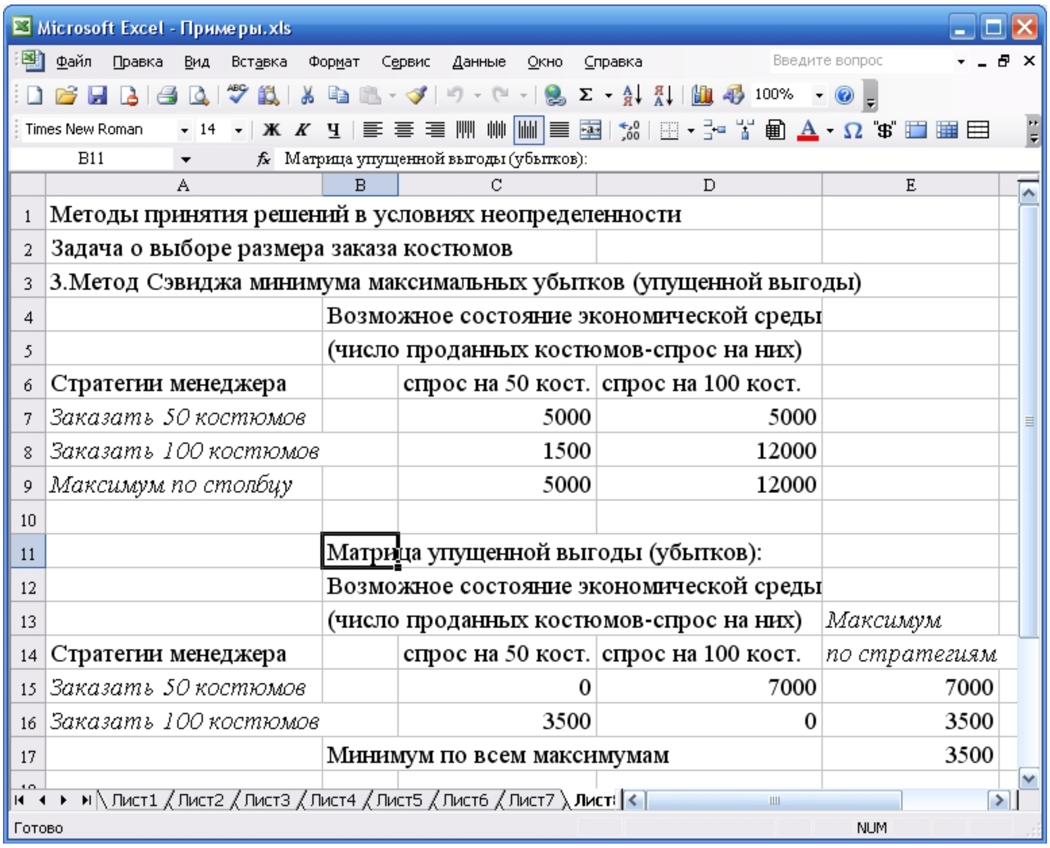
В отличие от минимаксного критерия Вальда, минимизирующие потери в явном виде, критерий Сэвиджа основан на предварительном формировании **матрицы упущенной выгоды,** называемой также **матрицей рисков** или **матрицей сожаления.**

Эта матрица формируется по формуле

$$r(a_i,b_j)=\begin{cases}\max\limits_{a_i}\{v(a_i;b_j)\}-v(a_i;b_j)\\ v(a_i;b_j)-\min\limits_{a_i}\{v(a_i;b_j)\}\end{cases}, \qquad (2.10)$$

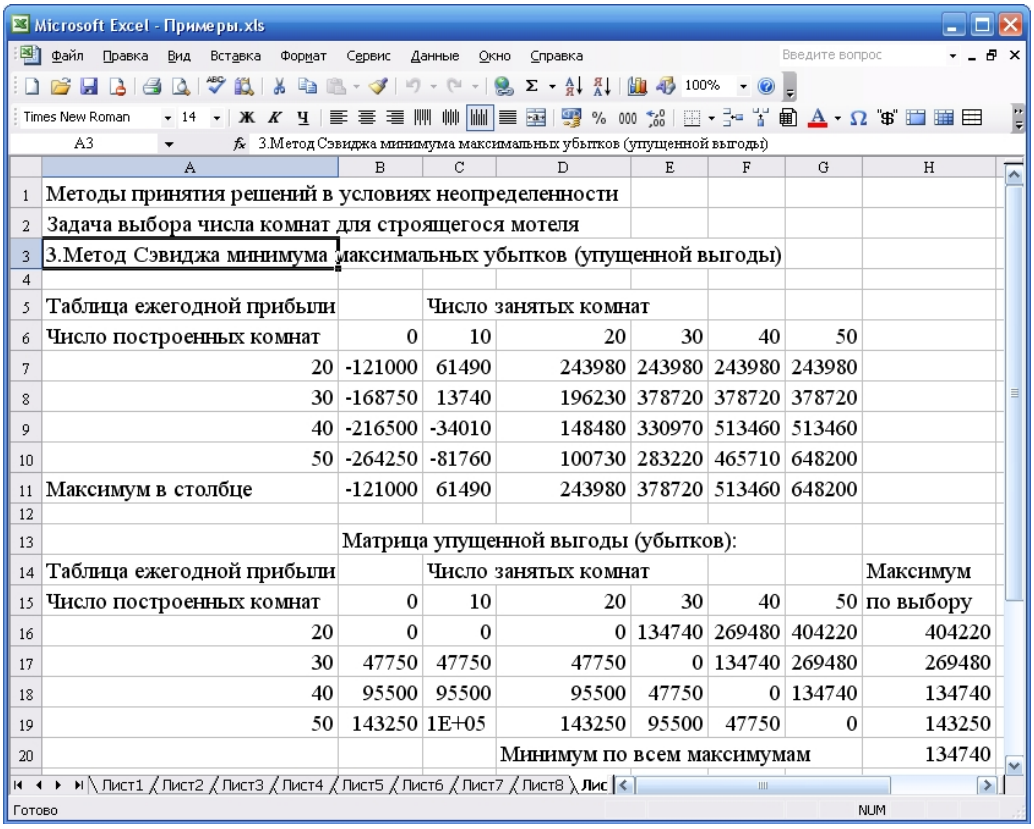
где верхний вариант выбирается, если начальная матрица обозначает доходы, а нижний – если она обозначает затраты.

Результаты определения решения по критерию Сэвиджа для первого и второго примеров представлены на рисунке 2.8 и рисунке 2.9 соответственно.



	A	B	C	D	E
1	Методы принятия решений в условиях неопределенности				
2	Задача о выборе размера заказа костюмов				
3	3.Метод Сэвиджа минимума максимальных убытков (упущенной выгоды)				
4		Возможное состояние экономической среды			
5		(число проданных костюмов-спрос на них)			
6	Стратегии менеджера		спрос на 50 кост.	спрос на 100 кост.	
7	*Заказать 50 костюмов*		5000	5000	
8	*Заказать 100 костюмов*		1500	12000	
9	*Максимум по столбцу*		5000	12000	
10					
11		Матрица упущенной выгоды (убытков):			
12		Возможное состояние экономической среды			
13		(число проданных костюмов-спрос на них)			*Максимум*
14	Стратегии менеджера		спрос на 50 кост.	спрос на 100 кост.	*по стратегиям*
15	*Заказать 50 костюмов*		0	7000	7000
16	*Заказать 100 костюмов*		3500	0	3500
17		Минимум по всем максимумам			3500

Рисунок 2.8 – Результаты определения решения по критерию Сэвиджа для примера о выборе размера заказа костюмов для сезонной распродажи



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Методы принятия решений в условиях неопределенности							
2	Задача выбора числа комнат для строящегося мотеля							
3	3.Метод Сэвиджа минимума максимальных убытков (упущенной выгоды)							
4								
5	Таблица ежегодной прибыли		Число занятых комнат					
6	Число построенных комнат	0	10	20	30	40	50	
7	20	-121000	61490	243980	243980	243980	243980	
8	30	-168750	13740	196230	378720	378720	378720	
9	40	-216500	-34010	148480	330970	513460	513460	
10	50	-264250	-81760	100730	283220	465710	648200	
11	Максимум в столбце	-121000	61490	243980	378720	513460	648200	
12								
13		Матрица упущенной выгоды (убытков):						
14	Таблица ежегодной прибыли		Число занятых комнат					Максимум
15	Число построенных комнат	0	10	20	30	40	50	по выбору
16	20	0	0	0	134740	269480	404220	404220
17	30	47750	47750	47750	0	134740	269480	269480
18	40	95500	95500	95500	47750	0	134740	134740
19	50	143250	1E+05	143250	95500	47750	0	143250
20				Минимум по всем максимумам				134740

Рисунок 2.9 – Результаты определения решения по критерию Сэвиджа для примера о выборе числа комнат для строящегося мотеля

3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Задача. Определить оптимальный запас агрегатов на складе АТП. Анализ статистических данных показывает, что потребность более четырех агрегатов за смену в течение года не была зафиксирована.

Порядок действий.

1 Определить стороны в игре:

П – ?

А – ?

2 Идентифицировать группы факторов целевой функции:

Заданные условия (a_n) – ?

Заранее неизвестные условия, влияние которых на эффективность системы неизвестно или изучено недостаточно (z_k) –?

Решение организаторов производства (x_m) – ?

3 Определить вероятности появления q_i заранее неизвестных факторов z_k.

Вероятность может быть определена:

а) путем расчета на основе данных по надежности агрегата в рассматриваемых условиях эксплуатации;

б) на основание анализа отчетных данных о требованиях на ремонт данного агрегата.

В рассматриваемой задаче на основании анализа отчетных данных установлено, что ежедневно при ремонте требуется не более четырех агрегатов. Причем вероятность того, что агрегаты не потребуются для ремонта в течение смены, равна $q_1 = 0,1$; потребуется один агрегат $q_2=0,4$; два – $q_3=0,3$; три – $q_4=0,1$ и четыре $q_5 = 0,1$.

4 Сформировать стратегии сторон. Дать их описание и представить в виде таблицы 3.1.

Стратегии производства (*П*) или требования рынка услуг определяются числом потребных в течение смены агрегатов n_j.

Таблица 3.1 – Стратегии сторон игры

Производство (П)			Организаторы складского хозяйства (А)	
Обозначение стратегий $П_j$	Необходимо агрегатов для ремонта, n_j	Вероятность данной потребности, q_j	Обозначение стратегии, A_i	Имеется исправных агрегатов, n_i
		0,1 0,4 0,3 0,1 0,1		

Стратегии организаторов производства определяются числом исправных агрегатов, хранимых на складе n_i.

5 Определить последствия случайного сочетания стратегий сторон.

В реальных условиях сочетание стратегий A_i и $П_j$ случайно, но каждому сочетанию A_i и $П_j$ стратегий соответствуют определенные последствия b_{ij}. Например, если потребность в агрегатах для ремонта превышает их наличность на складе, то предприятие несет ущерб от дополнительного простоя автомобиля (сокращение α_T) в ремонте или отказа клиенту в предоставлении соответствующей услуги. Если требований на замену меньше, чем имеется агрегатов на складе, то возникают дополнительные затраты, связанные с хранением "излишних" агрегатов.

Количественно последствия сочетания стратегий A_i и $П_j$ оцениваются с помощью выигрыша b_{ij} (таблица 3.2), который относится на предприятие (*А*) и может начисляться в рублях или условных единицах.

Выигрыш $b_{ij} > 0$ называется прибылью, а $b_{ij} < 0$ убытком.

Природа убытка и прибыли в каждом конкретном случае может быть различной, а сами величины ущерба и прибыли должны быть строго обоснованы, так как от них зависит выбор оптимального решения.

В данной задаче удовлетворение потребности в агрегатах связано с сокращением простоев автомобилей в ремонте или сохранением клиентуры, что приносит прибыль АТП или СТО. Излишний запас вызывает дополнительные затраты на хранение агрегатов (таблица 3.2).

Таблица 3.2 –Условия определения выигрыша

Ситуации	Выигрыш в условных единицах	
	Убыток	Прибыль
Хранение на складе одного, фактически невостребованного агрегата	b_1=-1	-
Удовлетворение потребности в одном агрегате	-	b_2=+2
Отсутствие необходимого для выполнения требования агрегата на складе	b_3=-3	

Четкое определение производственных ситуаций, стратегий сторон, вероятностей событий и их последствий является важнейшей инженерной задачей, и от качества ее выполнения зависит надежность и достоверность получаемых результатов, т.е., в конечном итоге, принимаемых решений.

6 Определить выигрыши при всех возможных сочетаниях стратегий A_i и $П_j$ и сформировать платежную матрицу, в которую свести выигрыши при сочетании всех возможных стратегий сторон (таблица 3.3).

Фактически платежная матрица – это список всех возможных альтернатив, из которых необходимо выбрать рациональную.

Таблица 3.3 – Платежная матрица

<table>
<tr><td colspan="8">Необходимое число агрегатов и выигрыш по стратегиям</td><td rowspan="4">Минимальный выигрыш по стратегиям (минимумы строк) α_i</td></tr>
<tr><td colspan="3">$П_j \rightarrow$</td><td>$П_1$</td><td>…</td><td>…</td><td>…</td><td>$П_j$</td></tr>
<tr><td colspan="3">$n_j \rightarrow$</td><td>0</td><td>…</td><td>…</td><td>…</td><td>n_j</td></tr>
<tr><td></td><td>A_i ↓</td><td>n_i ↓</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="5">Имеющееся число агрегатов и выигрыш по стратегиям</td><td>A_1</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>…</td><td>…</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>…</td><td>…</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>…</td><td>…</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>A_i</td><td>n_i</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Максимальный выигрыш (максимумы столбцов) $(\beta_i)_{\max}$</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

7 Выбрать рациональную стратегию организаторов производства A_i^0.

Наиболее простое решение возникает тогда, когда находится стратегия A_i, каждый выигрыш которой при любом состоянии $П_j$ не меньше, чем выигрыш при любых других стратегиях.

В общем случае при известных вероятностях каждого состояния $П_j$ выбирается стратегия A_i, при которой математическое ожидание выигрыша организаторов производства будет максимальным. Для этого вычисляют средневзвешенный выигрыш по каждой строке платежной матрицы для i-й стратегии:

$$\overline{b_i} = q_j \cdot b_{i1} + q_j \cdot b_{i2} + ... + q_n \cdot b_{in} = \sum_{j=1}^{n} q_j \cdot b_{ij} . \quad (3.1)$$

Полученные таким образом результаты свести в матрицу выигрышей (последний столбец таблицы 3.4).

Таблица 3.4 – Матрица выигрышей при исходном (I) варианте

$П_j(n_j)$ / $A_i(m_i)$	$П_1$	…	$П_j$	…	$П_n$	Средний выигрыш по стратегии, $\overline{b_i}$
A_1	b_{11}	…	b_{1j}	…	b_{1n}	
…	…	…	…	…	…	
A_i	b_{i1}	…	b_{ij}	…	b_{in}	
…	…	…	…	…	…	
A_i	b_{m1}	…	b_{mj}	…	b_{mn}	
Вероятности состояний, q_j	0,1	0,4	0,3	0,1	0,1	-

n_j – необходимо иметь на складе исправных агрегатов;

n_i – фактически имеется на складе исправных агрегатов.

Из матрицы выигрышей определить, какая стратегия является оптимальной, обеспечивающей максимальный средний выигрыш.

8 Полученные результаты по изменению выигрыша в зависимости от запаса агрегатов на складе (стратегий А) изобразить графически.

9 Определить экономический эффект от использования оптимальной стратегии.

Особенность выполненного расчета состоит в том, что учитывалась не только вероятность определенной потребности в агрегатах, но и последствия их наличия или отсутствия на складе. Поэтому экономическая эффективность может быть получена сравнением выигрыша при оптимальной стратегии $\overline{b}_o = \overline{b}_{\max}$ с выигрышем $\overline{b}_c$, который может быть получен при поддержании на складе средневзвешенной потребности в агрегатах $\overline{n}_c$, когда последствия принимаемых решений не учитываются.

$$\overline{n}_c = \sum_{j=1}^{j} q_i n_j \, , \tag{3.2}$$

где n_j – потребность в агрегатах на складе;

q_j – вероятность этой потребности.

Экономический эффект при использовании оптимальной стратегии составит:

$$Э(A^O) = 100 \cdot \frac{\overline{b}_o - \overline{b}_c}{\overline{b}_o} . \tag{3.3}$$

10 Проанализировать полученные решения:

– определить оптимальную стратегию A_i^o, придерживаясь которой организаторы производства получат гарантированный выигрыш;

– выявить зону рационального запаса агрегатов на складе, при котором предприятию гарантирован доход, т.е. $\overline{b}_i > 0$. Эту зону следует рассматривать в качестве интервальной оценки целевого норматива для организаторов складского хозяйства;

– используя данный метод, оценить влияние ряда факторов на выбор стратегии и величину выигрыша (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Матрица выигрышей при изменении различных стоимостных затрат

Количество агрегатов на складе	b, A_i	Выигрыш при вариантах				
		I	II	III	IV	V
n_i	b_1 b_2 b_3	-1 +2 -3	-1 +4 -3	-1 +3 -4	-2 +4 -3	-2 +2 -3
0 1 2 3 4 5 6	A_1 A_2 A_3 A_4 A_5 A_6 A_7					
Оптимальная стратегия	-					
Выигрыш при оптимальной стратегии	-					

11 Полученные результаты по изменению выигрыша в зависимости от запаса агрегатов на складе (стратегий А) при различных стоимостных затратах изобразить графически.

12 Определить запас агрегатов на складе:

– используя принцип недостаточного основания Лапласа;

– используя максиминный критерий $К_{I}$ (Вальда);

– используя минимаксный критерий $К_{II}$ (Сэвиджа);

– используя критерий пессимизма-оптимизма (Гурвица).

При расчете с использованием минимаксного критерия (Сэвиджа) риск определяется по формуле (2.3). Результаты расчетов свести в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 – Матрица риска

$П_j$ / A_i	$П_1$ $(n_1 = 0)$	$П_2$ $(n_2 = 0)$	$П_3$ $(n_3 = 0)$	$П_4$ $(n_4 = 0)$	$П_5$ $(n_5 = 0)$	Максимум риска при A_i, r_{ij}
$A_1(n_1 = 0)$						
$A_2(n_2 = 0)$						
$A_3(n_3 = 0)$						
$A_4(n_4 = 0)$						
$A_5(n_5 = 0)$						
$(\beta_{ij})\max$						-

13 Сделать выводы по работе.

14 Оформить отчет по лабораторной работе.

Естественно, что в данной задаче рассматривается простейший вариант, иллюстрирующий суть и возможности метода. В практических приложениях целесообразным учитывать сезонные, месячные, а возможно, и дневные колебания спроса на ремонт, возможность сезонных колебаний стоимостей простоев автомобиля и цены избыточного запаса агрегатов, различное отношение клиентуры к цене простоя автомобилей в летнее и зимнее время и т.д. Все это представляется возможным оценить данным методом, изменяя соответственно заданные условия.

Таким образом, в условиях неопределенности, применяя соответствующие методы и критерии, можно выявить стратегии, весьма близкие к оптимальным.

Для больших систем свойственно достаточно плавное протекание целевой функции, при котором вокруг оптимального решения образуется широкая зона рациональных решений, придающая устойчивость самой системе.

4 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1 Наименование и цель работы.

2 Постановка задачи.

3 Исходные данные.

3 Результаты решений в виде платежной матрицы, матриц выигрышей, матрицы риска.

4 Графики определения оптимального запаса агрегатов методами игровых ситуаций.

5 Выводы и заключение.

5 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1 Как подразделяются методы принятия решений в зависимости от объема и характера имеющейся информации?

2 Выбор, какой стратегии обеспечивает максиминный критерий Вальда?

3 Выбор, какой стратегии обеспечивает минимаксный критерий Сэвиджа?

4 Выбор, какой стратегии обеспечивает критерий пессимизма–оптимизма Гурвица?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Кузнецов, Е.С. Управление техническими системами [Текст] : учебное пособие / Е.С. Кузнецов. – М. : МАДИ, 1997. – 176 с.

2 Мухин, В.И. Исследование систем управления [Текст] : учебник / В.И. Мухин. – М. : Экзамен, 2002. – 384 с.

3 Горшков, А.В. Компьютерное моделирование менеджмента: учебник / А.Ф.Горшков, Б.В.Евтеев, В.А.Коршунов и др.; под общ. ред. Н.П.Тихомирова. – М.:Издательство "Экзамен", 2007. – 622с.

Шарыпов Александр Владимирович
Васильев Валерий Иванович

УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
"Принятие решений в условиях определенности",
"Принятие решений в условиях риска и неопределенности"
для студентов специальности 190601 –
Автомобили и автомобильное хозяйство

Редактор Н. А. Леготина

Подписано к печати	Формат 60х84 1/16	Бумага тип. № 1
Печать трафаретная	Усл. печ.л. 1,75	Уч. -изд. л. 1,75
Заказ	Тираж 50	Цена свободная

Редакционно-издательский центр КГУ.
640669 г. Курган, ул. Гоголя 25.
Курганский государственный университет.