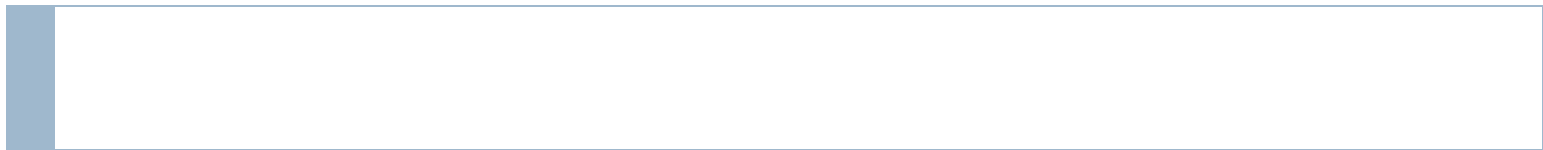


# **Лекция №9-10**

Общая характеристика использования систем массового обслуживания и управления рисками в менеджменте



# Вопросы:

---

- **Понятия и определения СМО**
- **Метод оценки интенсивности потоков в СМО**
- **Модель многоканальной СМО без очереди**
- **Модель многоканальной СМО с ограниченной длиной очереди**
- **Критерии принятия решений в условиях неопределенности**
- **Методы принятия решений в игровых конфликтных ситуациях**
- **Полевые методы изучения рынка**



## Определения

**Теория массового обслуживания** ~ область **прикладной математики**, занимающаяся анализом процессов в системах производства, обслуживания, управления, в которых однородные события повторяются многократно, например, на предприятиях бытового обслуживания; в системах приема, переработки и передачи информации; автоматических линиях производства и т. д.

**Предметом теории массового обслуживания** является **установление** зависимостей между характером потока заявок, числом каналов обслуживания, производительностью отдельного канала и эффективным обслуживанием с целью нахождения наилучших путей управления этими процессами.

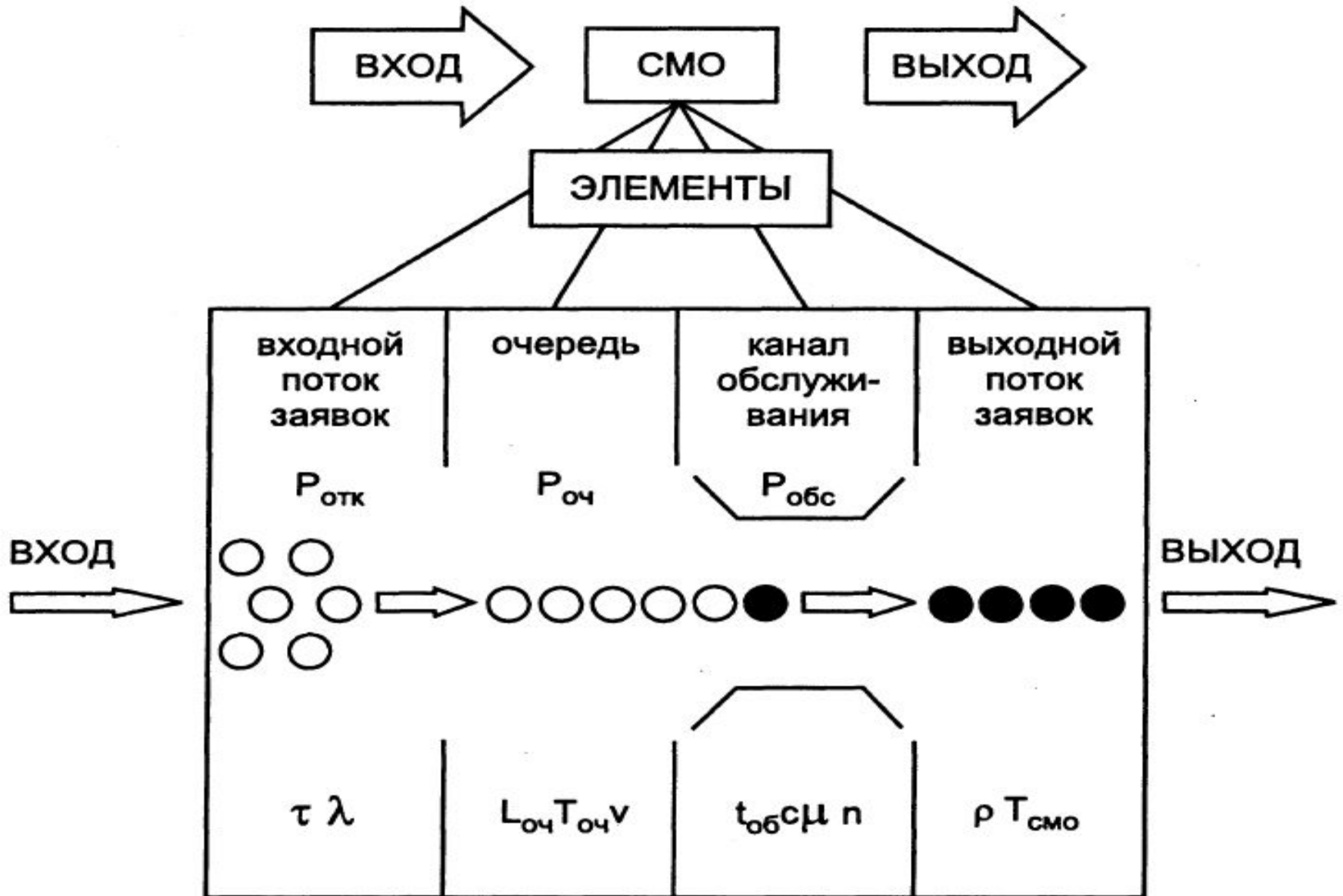
## Определения

Заявки в силу массовости поступления на обслуживание образуют потоки, которые до выполнения операций обслуживания называются **входящими**, а после возможного ожидания начала обслуживания, т.е. простоя в очереди, образуют **потоки обслуживания** в каналах, а затем формируется **выходящий** поток заявок.

Процедура обслуживания считается завершенной, когда заявка на обслуживание покидает систему.

**Продолжительность интервала времени**, требуемого для реализации процедуры обслуживания, зависит в основном от характера запроса заявки на обслуживание, состояния самой обслуживающей системы и канала обслуживания

# Структурная модель одноканальной СМО



## Определения

Переход СМО из одного состояния в другое происходит случайным образом и представляет собой **случайный процесс**. Работа СМО — случайный процесс с дискретными состояниями, поскольку его возможные состояния во времени можно заранее перечислить. Причем переход из одного состояния в другое происходит скачкообразно, в случайные моменты времени, поэтому он называется процессом с непрерывным временем. Таким образом, **работа СМО представляет собой случайный процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем.**

# Пример модели сложной СМО супермаркета



## Определения

Переходы СМО из одного состояния в другое происходят под воздействием вполне определенных событий — **поступления заявок и их обслуживания**. Поток событий называется **стационарным**, если **вероятность** попадания любого числа событий на промежуток времени зависит только от длины этого промежутка и не зависит от того, как далеко расположен этот промежуток от начала отсчета времени.

Поток событий называется **ординарным**, если **вероятность** попадания на очень малый отрезок времени сразу двух или более событий пренебрежимо мала по сравнению с вероятностью попадания только одного события





## Определения

Если поток одновременно обладает свойствами стационарности и ординарности и отсутствием последствия, то такой поток называется простейшим (или пуассоновским) потоком событий.

Для потока событий подчиняющемуся закону Пуассона вероятность того, что число заявок поступающих на обслуживание за время  $t$  равно  $k$  определяется формулой:

$$P_k(t) = \frac{(\mu t)^k}{k!} e^{-\mu t}$$

$\mu$  — интенсивность потока заявок  $\left[ \frac{\text{чел}}{\text{час}} \cdot \frac{\text{руб}}{\text{день}}, \frac{\text{докум.}}{\text{месяц}} \right]$

## Пример 1.

Результаты наблюдения за потоком покупателей в Секции магазина в течение 10 дней работы и проведения регистрации количества покупателей в течение каждого часа работы представлены в таблице

Определим интенсивность входящего потока покупателей за час работы магазина и, используя критерий Пирсона с уровнем значимости 0,05, обоснуем предположение, что поток описывается пуассоновским законом распределения

<i>Дни\часы</i>	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	4	2	3	4	3	5	2
2	3	2	3	2	7	2	3	3
3	1	3	4	3	4	6	4	4
4	4	4	4	5	9	3	4	4
5	2	1	3	7	3	6	2	3
6	3	2	3	4	5	5	3	2
7	4	3	4	3	8	3	4	3
8	1	2	2	4	3	4	2	4
9	3	4	6	3	4	2	4	2
10	2	2	3	5	6	4	2	5

## Шаг №1.

Сгруппируем данные по числу покупателей  $k$ , посетивших магазин в течение часа, а результаты представим в виде таблицы

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	з										
2		<i>Дни\часы</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	
3		1	2	4	2	3	4	3	5	2	
4		2	3	2	3	2	7	2	3	3	
5		3	1	3	4	3	4	6	4	4	
6		4	4	4	4	5	9	3	4	4	
7		5	2	1	3	7	3	6	2	3	
8		6	3	2	3	4	5	5	3	2	
9		7	4	3	4	3	8	3	4	3	
10		8	1	2	2	4	3	4	2	4	
11		9	3	4	6	3	4	2	4	2	
12		10	2	2	3	5	6	4	2	5	
13											
14											
15											
16		$k$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
17		$f$	3	18	23	22	6	4	2	1	1

**СЧЁТЕСЛИ**  
**(\$C\$3:\$J\$12;C16)**

## Шаг №2.

Вычислим интенсивность потока  $\mu$   $\frac{\text{чел}}{\text{час}}$

$$\mu = \bar{k} = \frac{\sum_{i=1}^9 k_i f_i}{\sum_{i=1}^9 f_i} = 3,51 \frac{\text{покуп.}}{\text{час}}$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
13											
14											
15											
16		k	1	2	3	4	5	6	7	8	9
17		f	3	18	23	22	6	4	2	1	1
18											
19											
20											
21											
22											

**СУММ (C17:K17)**  $\mu = 3,5125$  покупателей/час

$N = 80$

**=СУММПРОИЗВ(C16:K16;C17:K17)/СУММ(C17:K17)**

### Шаг №3.

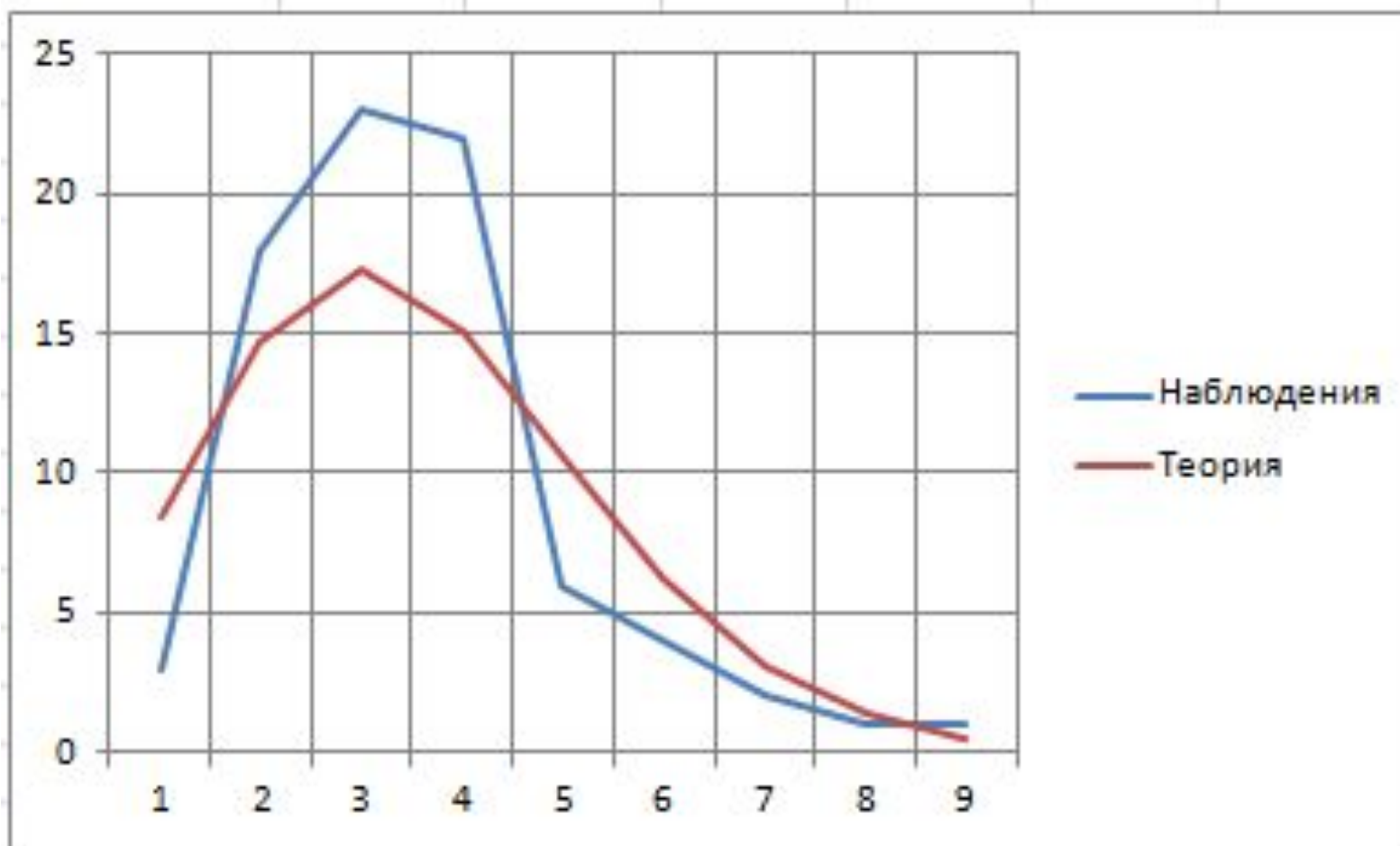
Найдем теоретические частоты  $f^*$  по формуле

$$f_i^* = N \frac{\mu^{k_i}}{k_i!} e^{-\mu}$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
19				$\mu =$	3,5125	покупателей/час					
20											
21				$N =$	80						
22											
23											
24		$k$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
25		$f^*$	8,4	14,7	17,2	15,1	10,6	6,2	3,1	1,4	0,5
26											

**$=\$E\$21 * \$E\$19^{\wedge}C24 * EXP(-1 * \$E\$19) / \text{ФАКТР}(C24)$**

## Графики частоты событий



## Шаг №4.

Вычислим наблюдаемое значение критерия Пирсона по формуле

$$\chi^2_{\text{набл}} = \sum_{i=1}^9 \frac{(f_i - f_i^*)^2}{f_i^*}$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
28											
29		$\frac{(f_i - f_i^*)^2}{f_i^*}$	3,45	0,73	1,93	3,12	2,02	0,79	0,40	0,10	0,40
30		$\chi^2_{\text{набл}}$	=	12,95	<	$\chi^2_{\text{теор}}$	=	14,1			

= СУММ(С29:К29)

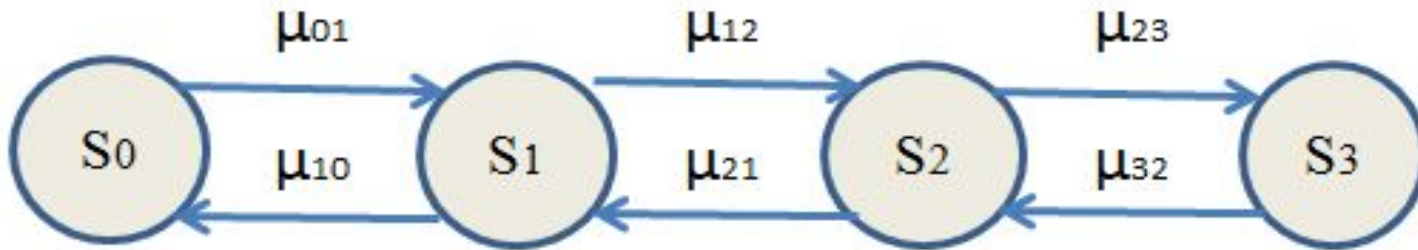
=ХИ2ОБР  
(0,05;k-2=7)

## Вывод

Входящий поток покупателей описывается пуассоновским законом распределения с интенсивностью 3,51 покуп./час.

## Пример 2.

Определим оптимальное число телефонных номеров, необходимых для установки на коммерческом предприятии, при условии, что заявки на переговоры поступают с интенсивностью 90 заявок в час, а интенсивность обслуживания одного канала составляет 30 заявок в час



$S_0$  — все каналы свободны,  $k=0$

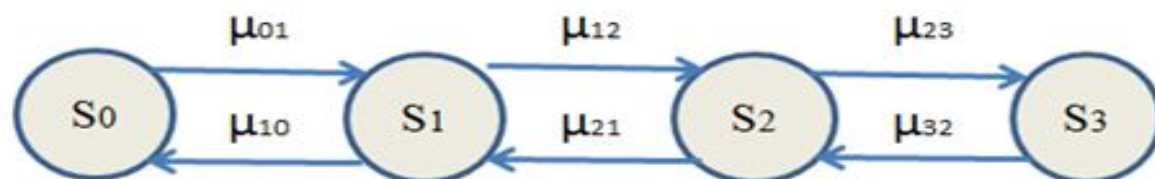
$S_1$  — занят только один канал,  $k=1$

$S_2$  — заняты только два канала,  $k=2$

$S_3$  — заняты три канала,  $k=3$



## Порядок составления уравнений Колмогорова



$$\mu_{01} = \mu_{12} = \mu_{23} = 90 \frac{\text{заявок}}{\text{час}}$$

$$\mu_{10} = 30, \mu_{21} = 60, \mu_{32} = 90 \frac{\text{заявок}}{\text{час}}$$

**Стрелки исходящие**

**Стрелки входящие**

Для состояния $S_0$	$p_0 \mu_{01}$	=	$p_1 \mu_{10}$
Для состояния $S_1$	$p_1 (\mu_{12} + \mu_{10})$	=	$p_2 \mu_{21} + p_0 \mu_{01}$
Для состояния $S_2$	$p_2 (\mu_{23} + \mu_{21})$	=	$p_1 \mu_{12} + p_3 \mu_{32}$
Для состояния $S_3$	$p_3 \mu_{32}$	=	$p_2 \mu_{23}$
	$p_0 + p_1 + p_2 + p_3$	=	1

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu_{01} p_0 - \mu_{10} p_1 + 0 p_2 + 0 p_3 = 0 \\ -\mu_{01} p_0 + (\mu_{12} + \mu_{10}) p_1 - \mu_{21} p_2 + 0 p_3 = 0 \\ 0 p_0 - \mu_{12} p_1 + (\mu_{23} + \mu_{21}) p_2 - \mu_{32} p_3 = 0 \\ 0 p_0 + 0 p_1 - \mu_{23} p_2 + \mu_{32} p_3 = 0 \\ 1 p_0 + 1 p_1 + 1 p_2 + 1 p_3 = 1 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 90 p_0 - 30 p_1 + 0 p_2 + 0 p_3 = 0 \\ -90 p_0 + 120 p_1 - 60 p_2 + 0 p_3 = 0 \\ 0 p_0 - 90 p_1 + 150 p_2 - 90 p_3 = 0 \\ 1 p_0 + 1 p_1 + 1 p_2 + 1 p_3 = 1 \end{array} \right.$$

## Вычислительная схема расчета вероятности состояний

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	$\begin{cases} 90p_0 - 30p_1 + 0p_2 + 0p_3 = 0 \\ -90p_0 + 120p_1 - 60p_2 + 0p_3 = 0 \\ 0p_0 - 90p_1 + 150p_2 - 90p_3 = 0 \\ 1p_0 + 1p_1 + 1p_2 + 1p_3 = 1 \end{cases}$					<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">                     =МУМНОЖ(B4:E7;B11:E14)                 </div>				
2	$AP = B \rightarrow P = A^{-1}B$									
3										
4	$A =$					$B =$				
5	=МОПРЕД									
6	(B4:E7)									
7		90	-30	0	0		0			
8		-90	120	-60	0		0			
9		0	-90	150	-90		0			
10		1	1	1	1		1			
11	$det A =$		2106000 ≠ 0 Продолжаем расчет			<u>Проверка №1</u>				
12	$A^{-1} =$					$A^{-1}A =$				
13		0,01	0,00	0,00	0,08		1,00	0,00	0,00	0,00
14		0,01	0,01	0,00	0,23		0,00	1,00	0,00	0,00
15		-0,01	0,00	0,00	0,35		0,00	0,00	1,00	0,00
16		-0,02	-0,01	-0,01	0,35		0,00	0,00	0,00	1,00
17	=МОБР(B4:E7)					<u>Проверка №2</u>				
18	$P = A^{-1}B =$		$p_0$		0,07692	$AP - B = 0$		0,00000		
19		$p_1$	=	0,23077		0,00000		0,00000		
20		$p_2$		0,34615		0,00000		0,00000		
21		$p_3$		0,34615		0,00000		0,00000		

=МУМНОЖ(B11:E14;G4:G7)

=ABS(МУМНОЖ(B4:E7;D16:D19)-G4:G7)

## Технико –экономические характеристики СМО

Название ТТХ	Составляющие элементы				Абсолютное значение	Значение ТТХ		Ед. изм.
						за 1 час	за 8 часов	
Вероятность нахождения СМО в состоянии $S_i \rightarrow P_i$ обозначения	$p_0$	$p_1$	$p_2$	$p_3$				
Вероятность нахождения СМО в состоянии $S_i \rightarrow P_i$ значение	0,0769231	0,2307692	0,3461538	0,3461538				
Каналы		1	2	3				
Среднее число занятых в течении часа каналов	$N_{зан} = 1 p_1 + 2 p_2 + 3 p_3$				1,96			
Коэффициент занятости каналов обслуживания $K_{зан} = N_{зан} / 3$					0,65			
Процент простоя каналов $p_0$					0,077	4,62	36,92	минут
Вероятность отказа клиенту в обслуживании $P_{отк} = p_3$					0,35			
Среднее число необслуженных клиентов $A^* = \mu_0^{-1} P_{отк}$						31	249	клиентов
Вероятность обслуживания клиента (относительная пропускная способность) $Q = P_{обс} = 1 - p_3$					0,65			
Абсолютная пропускная способность $A = \mu_0^{-1} P_{обс}$					59	59	471	клиентов
Доход считая, что каждая 10 -е обращение ведет к заключению нового договора с доходом 2000 рублей D						11 769,23 Р	94 153,85 Р	рублей
Упущенная выгода считая, что каждая 10 -е обращение ведет к заключению нового договора с доходом 2000 рублей D*						6 230,77 Р	49 846,15 Р	рублей

## Критериальный выбор на основе метода приоритетов

### Исходные данные

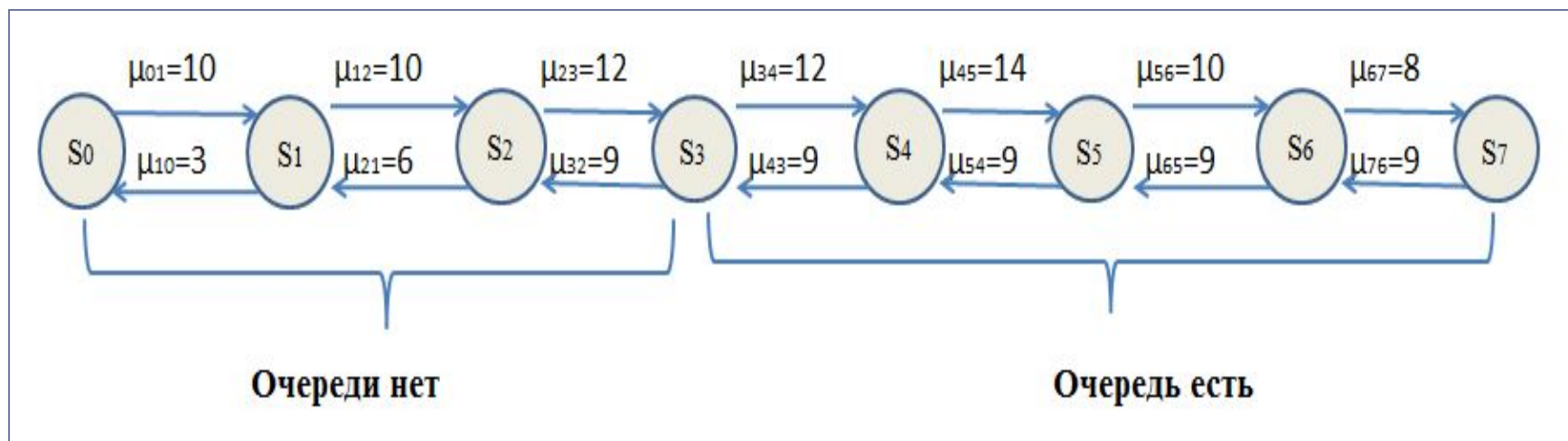
n	Кзан	p0	D	D*
1	0,75	0,25	4500	13500
2	0,69	0,12	8280	9720
<b>3</b>	<b>0,65</b>	<b>0,08</b>	<b>11769</b>	<b>6230</b>
4	0,59	0,06	14220	3780
5	0,54	0,05	16200	1800
6	0,47	0,05	9000	9000
max	0,75	0,25	16200	13500
min	0,47	0,05	4500	1800
Стремление	1	-1	1	-1

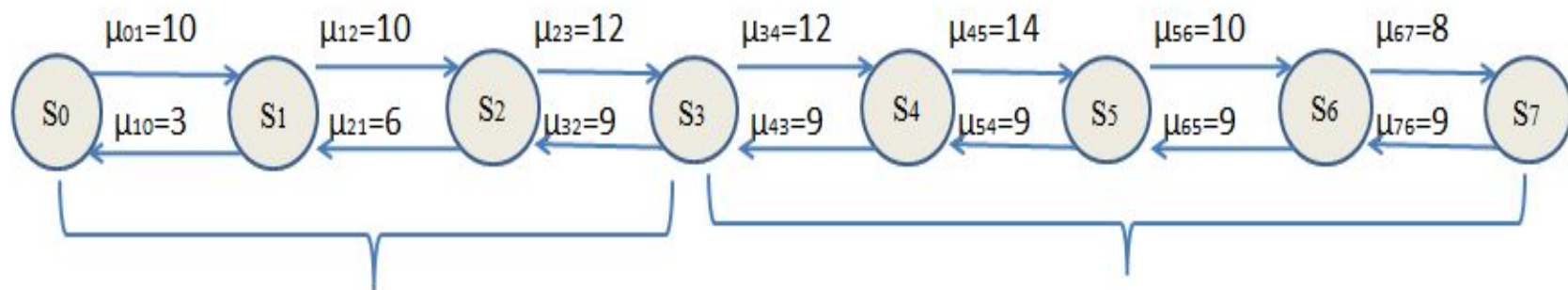
### Метод приоритетов

n	Кзан	p0	D	D*	Критерий
1	1	-1	0	-1	-0,25
2	0,78571429	-0,35	0,32307692	-0,676923077	0,02
3	0,64285714	-0,15	0,62128205	-0,378632479	0,18
4	0,42857143	-0,05	0,83076923	-0,169230769	0,26
<b>5</b>	<b>0,25</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0,31</b>
6	0	0	0,38461538	-0,615384615	-0,06
приоритет	0,25	0,25	0,25	0,25	

### Пример 3.

На автомойку в среднем за час приезжают автомобили с интенсивностью показанной на рисунке, но если в очереди уже находятся 4 автомобиля, вновь подъезжающие клиенты, как правило, не встают в очередь, а проезжают мимо. Интенсивность обслуживания автомобиля на одном рабочем месте 3 автомобиля за 1 час, а мест для мойки всего три. Средняя стоимость мойки автомобиля составляет 500 руб. Требуется определить ТЭХ автоматической мойки





$S_0$  – все каналы свободные,  $k=0$ , очереди нет

$S_1$  – один канал занят,  $k=1$ , очереди нет

$S_2$  – два канала заняты,  $k=2$ , очереди нет

$S_3$  – три канала заняты,  $k=3$ , очереди нет

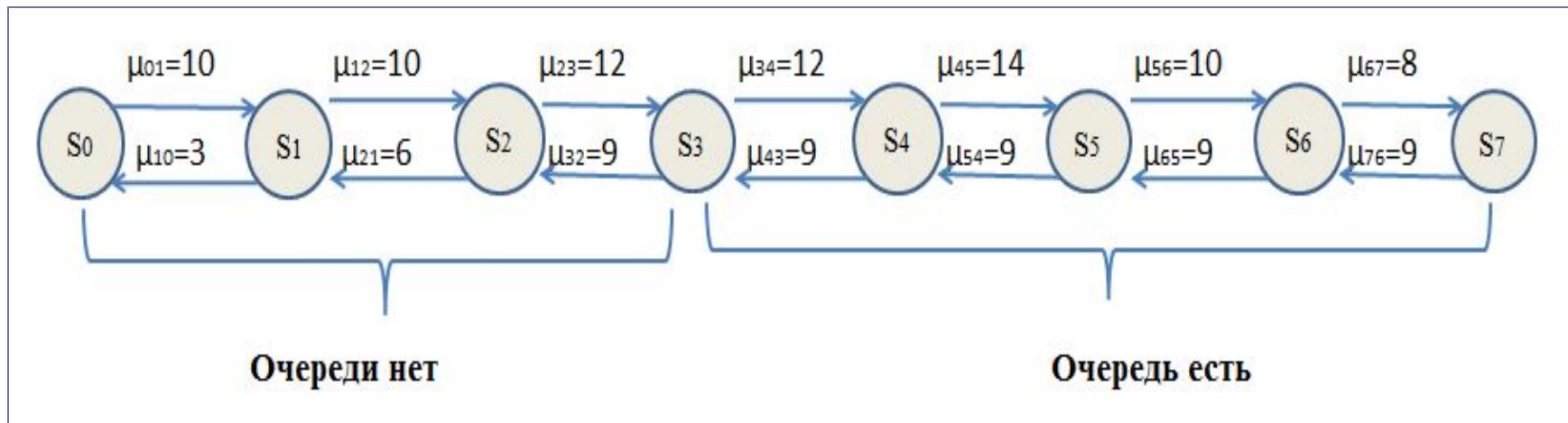
$S_4$  – три канала заняты,  $k=3$ , в очереди 1 автомобиль

$S_5$  – три канала заняты,  $k=3$ , в очереди 2 автомобиля

$S_6$  – три канала заняты,  $k=3$ , в очереди 3 автомобиля

$S_7$  – три канала заняты,  $k=3$ , в очереди 4 автомобиля

## Порядок составления уравнений Колмогорова



	<b>Стрелки исходящие</b>	=	<b>Стрелки входящие</b>
Для состояния $S_0$	$10p_0$	=	$3p_1$
Для состояния $S_1$	$(10 + 3)p_1$	=	$10p_2 + 6p_0$
Для состояния $S_2$	$(12 + 6)p_2$	=	$10p_1 + 9p_3$
Для состояния $S_3$	$(12 + 9)p_3$	=	$12p_2 + 9p_4$
Для состояния $S_4$	$(14 + 9)p_4$	=	$12p_3 + 9p_5$
Для состояния $S_5$	$(10 + 9)p_5$	=	$14p_4 + 9p_6$
Для состояния $S_6$	$(8 + 9)p_6$	=	$10p_5 + 9p_7$
Для состояния $S_7$	$9p_7$	=	$8p_6$
	$p_0 + p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7$	=	$1$

	Стрелки исходящие	=	Стрелки входящие
Для состояния $S_0$	$10p_0$	=	$3p_1$
Для состояния $S_1$	$(10 + 3)p_1$	=	$10p_2 + 6p_0$
Для состояния $S_2$	$(12 + 6)p_2$	=	$10p_1 + 9p_3$
Для состояния $S_3$	$(12 + 9)p_3$	=	$12p_2 + 9p_4$
Для состояния $S_4$	$(14 + 9)p_4$	=	$12p_3 + 9p_5$
Для состояния $S_5$	$(10 + 9)p_5$	=	$14p_4 + 9p_6$
Для состояния $S_6$	$(8 + 9)p_6$	=	$10p_5 + 9p_7$
Для состояния $S_7$	$9p_7$	=	$8p_6$
	$p_0 + p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7$	=	$1$

$$\begin{cases}
 10p_0 - 3p_1 + 0p_2 + 0p_3 + 0p_4 + 0p_5 + 0p_6 + 0p_7 = 0 \\
 -6p_0 + 13p_1 - 10p_2 + 0p_3 + 0p_4 + 0p_5 + 0p_6 + 0p_7 = 0 \\
 0p_0 - 10p_1 + 18p_2 - 9p_3 + 0p_4 + 0p_5 + 0p_6 + 0p_7 = 0 \\
 0p_0 + 0p_1 - 12p_2 + 21p_3 - 9p_4 + 0p_5 + 0p_6 + 0p_7 = 0 \\
 0p_0 + 0p_1 + 0p_2 - 12p_3 + 23p_4 - 9p_5 + 0p_6 + 0p_7 = 0 \\
 0p_0 + 0p_1 + 0p_2 + 0p_3 - 14p_4 + 19p_5 - 9p_6 + 0p_7 = 0 \\
 0p_0 + 0p_1 + 0p_2 + 0p_3 + 0p_4 - 10p_5 + 17p_6 - 9p_7 = 0 \\
 0p_0 + 0p_1 + 0p_2 + 0p_3 + 0p_4 + 0p_5 - 8p_6 + 9p_7 = 0 \\
 p_0 + p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 = 1
 \end{cases}$$



# Вычислительная схема расчета вероятности состояний

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
2														
3				10	-3	0	0	0	0	0	0			0
4				-6	13	-10	0	0	0	0	0			0
5		<b>A =</b>		0	-10	18	-9	0	0	0	0		<b>B =</b>	0
6				0	0	-12	21	-9	0	0	0			0
7				0	0	0	-12	23	-9	0	0			0
8				0	0	0	0	-14	19	-9	0			0
9				0	0	0	0	0	-10	17	-9			0
10				1	1	1	1	1	1	1	1			1
11														
12														
13		<b>det A =</b>		4,7E+07										
14														
15				0,15559	0,0989	0,08564	0,04916	0,02493	0,01203	0,00416	0,03747			
16				0,1853	0,32966	0,28545	0,16387	0,0831	0,04009	0,01388	0,1249			
17				0,14754	0,26921	0,31971	0,18354	0,09307	0,0449	0,01554	0,13989			
18		<b>A<sup>-1</sup> =</b>		0,08919	0,17214	0,21113	0,18499	0,09381	0,04526	0,01567	0,141			
19				0,01138	0,04272	0,06637	0,07583	0,09479	0,04574	0,01583	0,14248			
20				-0,08983	-0,12036	-0,11191	-0,05288	0,00606	0,05653	0,01957	0,17612			
21				-0,20734	-0,32054	-0,33948	-0,22959	-0,13466	-0,06291	0,01669	0,15017			
22				-0,29183	-0,47173	-0,5169	-0,37492	-0,2611	-0,18164	-0,10134	0,08796			
23														
24				p0			0,03747							
25				p1			0,1249							
26		<b>P = A<sup>-1</sup>B</b>		p2	=		0,13989							
27				p3			0,141							
28				p4			0,14248							
29				p5			0,17612							
30				p6			0,15017							
31				p7			0,08796							

=МОПРЕД(D3:E10)

=МОБР  
(D3:K10)

$$\begin{cases}
 10p_0 - 3p_1 + 0p_2 + 0p_3 + 0p_4 + 0p_5 + 0p_6 + 0p_7 = 0 \\
 -6p_0 + 13p_1 - 10p_2 + 0p_3 + 0p_4 + 0p_5 + 0p_6 + 0p_7 = 0 \\
 0p_0 - 10p_1 + 18p_2 - 9p_3 + 0p_4 + 0p_5 + 0p_6 + 0p_7 = 0 \\
 0p_0 + 0p_1 - 12p_2 + 21p_3 - 9p_4 + 0p_5 + 0p_6 + 0p_7 = 0 \\
 0p_0 + 0p_1 + 0p_2 - 12p_3 + 23p_4 - 9p_5 + 0p_6 + 0p_7 = 0 \\
 0p_0 + 0p_1 + 0p_2 + 0p_3 - 14p_4 + 19p_5 - 9p_6 + 0p_7 = 0 \\
 0p_0 + 0p_1 + 0p_2 + 0p_3 + 0p_4 - 10p_5 + 17p_6 - 9p_7 = 0 \\
 0p_0 + 0p_1 + 0p_2 + 0p_3 + 0p_4 + 0p_5 - 8p_6 + 9p_7 = 0 \\
 p_0 + p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 = 1
 \end{cases}$$

=МУМНОЖ  
(D15:K22;N3:N10)

## Технико –экономические характеристики СМО

Название ТТХ	Составляющие элементы								Абсолютное значение	Значение ТТХ		Ед. изм.
	за 1 час		за 8 часов									
Вероятность нахождения СМО в состоянии $S_i \rightarrow P_i$ обозначения	$p_0$	$p_1$	$p_2$	$p_3$	$p_4$	$p_5$	$p_6$	$p_7$				
Вероятность нахождения СМО в состоянии $S_i \rightarrow P_i$ значение	0,04	0,12	0,14	0,14	0,14	0,18	0,15	0,09				
Каналы (состояние очереди)		Очеди нет			Очередь есть							
Каналы		1	2	3	1	2	3	4				
Среднее число автомобилей в очереди в $L_{оч} = p_4 + 2p_5 + 3p_6 + 4p_7$									1,30	1,30		
Среднее число автомобилей на обслуживании в $L_{обс} = p_1 + 2p_2 + 3p_3$									0,83	0,83		
Вероятность обслуживания клиента (относительная пропускная способность) $Q = P_{обс} = 1 - p_7$									0,91			
Вероятность отказа клиенту в обслуживании $P_{отк} = p_7$									0,09			
Интенсивность поступления заявок <i>обозначения</i>	$\mu_{01}$	$\mu_{12}$	$\mu_{23}$	$\mu_{34}$	$\mu_{45}$	$\mu_{56}$	$\mu_{67}$					
Интенсивность поступления заявок <i>значения</i>	10	10	12	12	14	10	8					
Средняя интенсивность поступления заявок $\mu_{ср}$									10,86			
Абсолютная пропускная способность $A = \mu_{ср} P_{обс}$									9,90	9,90	79,22	
Среднее число необслуженных клиентов $A^* = \mu_{ср} P_{отк}$									0,96	0,96	7,64	
Среднее время ожидания в очереди $T_{оч} = L_{оч} / A$									0,13	7,86		минут
Среднее время ожидания в СМО $T_{смo} = (L_{оч} + L_{обс}) / A$									0,21	12,87		минут
Выручка $D = A * 500$ считая, что стоимость обслуживания 500 руб.										4951,06	39608,51	руб.
Упущенная выгода $D^* = 500 * A^*$ считая, что стоимость обслуживания 500 руб.										477,51	3820,06	руб.

## Понятия и определения УР

Будущее нам неизвестно. А потому неизвестны и будущие доходы и расходы, мы можем лишь прогнозировать их с той или иной степенью уверенности

**Риск – это *нежелательная возможность***. Эта возможность может реализоваться в будущем. Поэтому методы анализа и управления рисками базируются на методах прогнозирования будущего развития.

**Риск** - это *возможностью отклонения от желаемого результата в худшую сторону или выхода за пределы допустимого диапазона, что приводит к негативным последствиям*.

Для принятия решений в условиях риска используют методы теории вероятностей, если это возможно, по причине массовости явления.

В таком случае факторы, например, состояния среды представляют собой либо случайные величины, либо случайные функции. Они описываются какими-либо статистическими характеристиками, например математическим ожиданием и дисперсией, и обладают статистической устойчивостью. Принимающий решение ориентируется на средние, наиболее вероятные результаты, например дохода, однако при этом не исключен риск получения не того результата, на который была рассчитана коммерческая стратегия, тогда мерой риска следует считать среднее квадратическое отклонение.

При выборе решения в условиях неопределенности всегда неизбежен элемент произвола, а следовательно, и риска. Недостаточность информации всегда опасна, и за нее приходится платить. Поэтому в условиях сложной ситуации необходимо представить варианты решения и их последствий в такой форме, чтобы сделать *произвол выбора менее сильным, а риск ~ минимальным*.

Задачами принятия решений в условиях полной или частичной неопределенности занимается теория игр и статистических решений.

## Классификация рисков

**Коммерческие риски.** Речь идет о рисках, связанных с неопределенностью будущей рыночной ситуации в стране. В частности, о будущих действиях поставщиков в связи с меняющимися предпочтениями потребителей. Напомним, например, о быстрых изменениях на рынке вычислительной техники в связи с появлением персональных компьютеров. мода в той или иной степени отражается на поведении потребителей во многих областях.

**Производственные риски.** К ним прежде всего относятся риски, связанные с выпуском дефектной продукции. Хорошо известно, что при массовом производстве невозможно обеспечить выпуск продукции без дефектов. Поэтому действуют отделы технического контроля (ОТК), службы (бюро) качества и другие подразделения, осуществляющие контроль качества продукции. Известно, что в машиностроении стоимость контрольных операций составляет в среднем около 10% от стоимости продукции

**Финансовые риски.** Отметим прежде всего риски, связанные с колебаниями цен на товары и услуги (динамикой инфляции), ставки рефинансирования Центрального банка, норм банковских процентов по кредитам и депозитам, валютных курсов и других макроэкономических показателей, в том числе котировок государственных и частных (корпоративных) ценных бумаг. Часть этих рисков носит объективный, а часть – число спекулятивный характер

**Риски, возникающие на уровне государства и Земли в целом.** К этому типу отнесем риски, связанные с политической ситуацией, действиями партий, профсоюзов, экологических и других организаций в масштабе страны, влиянием погодных и климатических факторов. Типичным примером являются риски, связанные с заметным изменением курса страны в результате тех или иных выборов.

## Описание ситуационного задания

Сельскохозяйственное предприятие производит капусту. Оно имеет возможность хранить произведённую капусту в течение всего сезона реализации – с осени до начала лета следующего года. Хозяйство может выбрать одну из трёх стратегических программ реализации капусты в течение сезона реализации:

A1 – реализовать всю капусту осенью, непосредственно после уборки;

A2 – заложить часть капусты на хранение и реализовать её в течение осенних и зимних месяцев;

A3 – заложить всю капусту на хранение и реализовать её в весенние месяцы.

Сумма затрат на производство, хранение и реализацию капусты для хозяйства при выборе им каждой из стратегий составляет соответственно 20, 30 и 40 тыс. денежных единиц.

На региональном рынке капусты может сложиться одна из следующих трёх ситуаций:

S1 – поступление капусты на рынок происходит равномерно в течение всего сезона реализации и рынок не испытывает сезонных колебаний цен реализации продукта;

S2 – в осенние месяцы на рынок поступает капусты немного больше, чем зимой и весной. В связи с этим наблюдаются небольшие сезонные колебания цен – в начале зимы цены немного возрастают по сравнению с осенним уровнем и держатся стабильными в течение всех последующих месяцев сезона реализации;

S3 – в осенние месяцы на рынок поступает капусты значительно больше, чем зимой и весной. Объёмы капусты, поступающей в течение сезона реализации, постоянно уменьшаются. Поэтому рынок испытывает значительные сезонные колебания цен.

Значения суммы выручки предприятия от реализации капусты при выборе каждой из стратегий реализации и формировании различных ситуаций на рынке представлены в таблице

## Платежная матрица прибыли

Стратегии хозяйства	Выручка от реализации капусты, тыс. д.е.		
	S1	S2	S3
A1	30	25	22
A2	30	40	33
A3	30	40	60



Стратегии хозяйства	Платежная матрица прибыли			
	затраты	S1	S2	S3
A1	20	10	5	2
A2	30	0	10	3
A3	40	-10	0	20

## Критерий максимального математического ожидания выигрыша

Стратегии хозяйства	Платежная матрица прибыли			
	затраты	S1	S2	S3
A1	20	10	5	2
A2	30	0	10	3
A3	40	-10	0	20

### 1. Критерию максимального математического ожидания выигрыша

	S1	S2	S3	$W_i$
$P_j$	0,3	0,6	0,1	
A1	10	5	2	6,2
A2	0	10	3	6,3
A3	-10	0	20	-1

$$W_1 = 10 \times 0,3 + 5 \times 0,6 + 2 \times 0,1 = 6,2$$

$$W_3 = -10 \times 0,3 + 0 \times 0,6 + 20 \times 0,1 = -1$$

$$W = \max W_i = W_2$$

Оптимальной по данному критерию при указанных значениях вероятностей состояния рынка капусты будет стратегия A2

## Критерий Ходжа - Лемана

		C			D		E		F		G		H	
		Критерий Ходжа-Лемана u=0,5												
		$W_i = u \sum_{j=1}^n a_{ij} p_j + (1-u) \min_j a_{ij}$												
49	Стратегии	S1	S2	S3								u		
50	A1	10	5	2	4,94							0,7		
51	A2	0	10	3										
52	A3	-10	0	20										
53	pi	0,3	0,6	0,1	u - достоверность pi									

Оптимальной по данному критерию при указанных значениях состояния рынка капусты будет стратегия A1



## Критерии Вальда и Лапласа

Стратегии	S1	S2	S3	Максиминный критерий Вальда	Критерий недостаточного основания Лапласа
				$W_i = \min_j a_{ij}$ $W = \max W_i$	$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n}$ $W = \max W_i$
A1	10	5	2	2	5,666666667
A2	0	10	3	0	4,333333333
A3	-10	0	20	-10	3,333333333

▶ Оптимальной по данному критерию при указанных значениях состояния рынка капусты будет стратегия A1

## Критерий Гурвица

Стратегии	S1	S2	S3	Критерий пессимизма-оптимизма Гурвица C=0,3
				$W_i = C \times \min_j a_{ij} + (1 - C) \times \max_j a_{ij}$ $W = \max W_i$
A1	10	5	2	7,6
A2	0	10	3	7
A3	-10	0	20	11

Оптимальной по данному критерию при указанных значениях состояния рынка капусты будет стратегия A3

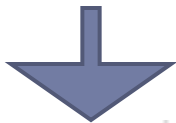


## Критерий Севиджа

$$r_{ij} = a_{\max j} - a_{ij}$$



Стратегии	S1	S2	S3
<b>A1</b>	10	5	2
<b>A2</b>	0	10	3
<b>A3</b>	-10	0	20
<i>a max j</i>	10	10	20



Стратегии	S1	S2	S3	Критерий Сэвиджа	минимаксного риска
<b>A1</b>	0	5	18		18
<b>A2</b>	10	0	17		<b>17</b>
<b>A3</b>	20	10	0		20
				$R_i = \max_j r_{ij}$	
				$W = \min R_i$	

Оптимальной по данному критерию при указанных значениях состояния рынка капусты будет стратегия A2

## Действия с платежными матрицами

### 1. Исключение доминирующих стратегий

$S_{M,П}$	П1	П2	П3	П4		$S_{M,П}$	П1	П2	П3	П4
<b>М1</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	→	<b>М1</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
М2	18	17	14	15		М2	18	17	14	15
М3	13	16	12	13		М3	13	15	12	13
<b>М4</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>17</b>						

$S_{M,П}$	П1	П2	<b>П3</b>	<b>П4</b>		$S_{M,П}$	П1	П2	<b>П3</b>
М1	15	16	<b>17</b>	<b>18</b>	→	М1	15	16	17
М2	18	17	<b>14</b>	<b>15</b>		М2	18	17	14
М3	13	15	<b>12</b>	<b>13</b>		М3	13	15	12

### 2. Преобразование элементов платежной матрицы $KA+c$

$$c = -11$$

$S_{M,П}$	П1	П2	<b>П3</b>		$S_{M,П}$	П1	П2	<b>П3</b>
М1	15	16	17	→	М1	4	5	6
М2	18	17	14		М2	7	6	3
М3	13	15	12		М3	2	3	1

Принцип минимакса (принцип осторожности) и чистые стратегии

$S_{M,П}$	П1	П2	П3	$\alpha_j = \min_j b_{ij}$
M1	6	[4]	5	<4>
M2	6	4	3	3
M3	2	4	6	2
$\beta_i = \max_i b_{ij}$	6	<4>	6	$\left( \begin{array}{l} \alpha = \max_i \alpha_j = 4 \\ \beta = \min_j \beta_i = 4 \end{array} \right)$

**Вывод:** Нижняя цена игры равна верхней. Значит оптимальная стратегия магазина M1 - ожидать поставку и действовать по обстоятельствам, а фермерского хозяйства П2, допускать несвоевременную поставку. Выигрыш игры составляет 4 (доход  $4+12=16$  тыс. рублей, а проигрыш фермера 4 тыс. рублей (Доход  $12-4=8$  тыс. рублей)).

Принцип минимакса (принцип осторожности) и смешенные стратегии

$S_{M,П}$	П1	П2	П3	$\alpha_i = \min_j b_{ij}$
M1	5	3	6	3
M2	4	7	5	4
M3	[6]	5	8	<5>
$\beta_i = \max_i b_{ij}$	<6>	7	8	$\left( \begin{array}{l} \alpha = \max_j \alpha_i = 5 \\ \beta = \min_i \beta_i = 6 \end{array} \right)$

**Вывод:** Нижняя цена игры соответствует стратегии М3. Выбирая эту стратегию, магазин достигнет выигрыша в доходе не меньше 5 тыс. рублей при любом поведении фермерского хозяйства. Фермерское хозяйство при любом поведении магазина достигнет проигрыша при стратегии П1 - 6 тыс. рублей – это верхняя цена игры. Эти стратегии являются минимаксными. Если обе стороны будут придерживаться этих стратегий, выигрыш - проигрыш будет равен 6 - ( $b_{31}$ )  
Оптимальная стратегия требует дальнейшего поиска.

Перечень стратегий	П1 своевременная	П2 несвоевременная	П3 нет поставки
М1- ожидать поставку и действовать по обстоятельствам	13	14	15
М2 – послать поставщику свой транспорт	15	13	13
М3 – заказать поставку на базе	13	15	13

$S_{M,П}$	П1	П2	П3	$\alpha_i = \min_j b_{ij}$
М1	1	2	3	1
М2	3	1	1	1
М3	1	3	1	1
$\beta_i = \max_i b_{ij}$	3	3	3	$\left( \begin{array}{l} \alpha = \max_j \alpha_j = 3 \\ \beta = \min_i \beta_i = 1 \end{array} \right)$

Для применения

**смешанных стратегий** требуются следующие условия:

- 1) в игре отсутствует **седловая** точка;
- 2) игроками используется случайная **смесь** чистых стратегий с соответствующими вероятностями;
- 3) игра многократно **повторяется** в одних и тех же условиях;
- 4) при каждом из ходов один игрок **не информирован** о выборе стратегии другим игроком.

## Основная теорема теории игр Дж. фон Неймана:

Каждая конечная игра имеет, по крайней мере, одно оптимальное решение в смешанных стратегиях.

$S$	$B$	$B_1$	$B_2$	$\dots$	$B_n$
$A$	$p/q$	$(q_1)$	$(q_2)$	$\dots$	$(q_n)$
$A_1$	$(p_1)$	$a_{11}$	$a_{12}$	$\dots$	$a_{1n}$
$A_2$	$(p_2)$	$a_{21}$	$a_{22}$	$\dots$	$a_{2n}$
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
$A_m$	$(p_m)$	$a_{m1}$	$a_{m2}$	$\dots$	$a_{mn}$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^m a_{ij} x_i \geq 1 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \\ \text{при } F(\bar{X}) = \sum_{i=1}^m x_i \rightarrow \min \end{array} \right. , \text{ где } \gamma = \frac{1}{\sum_{i=1}^m x_i} - \text{цена проигрыша}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n a_{ij} y_j \leq 1 \quad (i = 1, 2, \dots, m) \\ \text{при } \Phi(\bar{Y}) = \sum_{j=1}^n y_j \rightarrow \max \end{array} \right. , \text{ где } \gamma = \frac{1}{\sum_{j=1}^n y_j} - \text{цена выигрыша}$$

$$p_i = \frac{x_i}{\sum_{i=1}^m x_i} - \text{вероятность проигрыша}$$

$$q_j = \frac{y_j}{\sum_{j=1}^n y_j} - \text{вероятность выигрыша}$$



### Задача

Два предприятия (П1, П2) производят продукцию и поставляют ее на рынок региона. Они являются единственными поставщиками продукции в регионе.

Каждое предприятие имеет возможность производить продукцию с применением одной из трех возможных технологий и в зависимости от качества продукции устанавливать цену единицы продукции на уровне 10, 6 и 2 денежных единицы. При этом предприятия имеют различные затраты на производства продукции, представленные в таблице 1

Таблица 1

Технология	Цена реализации единицы продукции, д.е. (R1, R2)	Полная себестоимость единицы продукции, д.е.	
		Предприятие 1 (C1)	Предприятие 2 (C2)
I	10	5	8
II	6	3	4
III	2	1,5	1

1. Подготовить исходные данные для составления платежной матрицы игровой задачи с нулевой суммой, если разница прибыли (D) в зависимости от сочетания стратегий  $A_i$ ,  $B_j$  (использование технологий 1,2,3 предприятиями) определяется выражением

$$D = S[p(R1 - C1) - (1 - p)(R2 - C2)]$$

2. Определить план игры (рассчитать вероятности использования каждой стратегии предприятиями, обеспечивающими наибольший выигрыш и наименьший проигрыш). Расчет произвести, используя симплекс метод
3. Найти величину цену игры (значения выигрыша и проигрыша)
4. Сколько раз предприятие №1 в течение года (365 дней) может использовать ту или иную стратегию

Технология	Цена реализации единицы продукции, д.е.	Полная себестоимость единицы продукции, д.е.	
		Предприятие 1 (C1)	Предприятие 2 (C2)
<b>I</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>8</b>
<b>II</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>III</b>	<b>2</b>	<b>1,5</b>	<b>1</b>

### Подготовка данных для платежной матрицы

Сочетание стратегий	Цена реализации 1 ед.		Средняя цена реализации 1 ед. продукции, д.е. (X)	Спрос на продукцию, тыс. ед. (S=6-0,5X)	C1	C2	Доля продукции предприятия 1, купленной населением (p)	Разница прибыли (D)
	Предприятие 1 (R1)	Предприятие 2 (R2)						
A1 *B1	10	10	10	1	5	8	0,31	0,17
A1 *B2	10	6	8	2	5	4	0,33	0,62
A1 *B3	10	2	6	3	5	1	0,18	0,24
A2 *B1	6	10	8	2	3	8	0,7	3
A2 *B2	6	6	6	3	3	4	0,3	-1,5
A2 *B3	6	2	4	4	3	1	0,2	-0,8
A3 *B1	2	10	6	3	1,5	8	0,9	0,75
A3 *B2	2	6	4	4	1,5	4	0,85	0,5
A3 *B3	2	2	2	5	1,5	1	0,69	0,175

$$D = p \times (S \times R1 - S \times C1) - (1 - p) \times (S \times R2 - S \times C2)$$



## Построение платежной матрицы

Сочетание стратегий	Цена реализации 1 ед.		Средняя цена реализации 1 ед. продукции, д.е. (X)	Спрос на продукцию, тыс. ед. ( $S=6-0,5X$ )	C1	C2	Доля продукции предприятия 1, купленной населением (p)	Разница прибыли (D)
	Предприятие 1 (R1)	Предприятие 2 (R2)						
A1 *B1	10	10	10	1	5	8	0,31	0,17
A1 *B2	10	6	8	2	5	4	0,33	0,62
A1 *B3	10	2	6	3	5	1	0,18	0,24
A2 *B1	6	10	8	2	3	8	0,7	3
A2 *B2	6	6	6	3	3	4	0,3	-1,5
A2 *B3	6	2	4	4	3	1	0,2	-0,8
A3 *B1	2	10	6	3	1,5	8	0,9	0,75
A3 *B2	2	6	4	4	1,5	4	0,85	0,5
A3 *B3	2	2	2	5	1,5	1	0,69	0,175



	B1	B2	B3
A1	0,17	0,62	0,24
A2	3	-1,5	-0,8
A3	0,75	0,5	0,175



	B1	B2	B3
A1	1,67	2,12	1,74
A2	4,5	0	0,7
A3	2,25	2	1,675



	B1	B2	B3
A1	1,67	2,12	1,74
A2	4,5	0	0,7
A3	2,25	2	1,675

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^m a_{ij}x_i \geq 1 \quad (j = 1, 2 \dots n) \\ \text{при } F(\bar{X}) = \sum_{i=1}^m x_i \rightarrow \min \end{array} \right. , \text{ где } \gamma = \frac{1}{\sum_{i=1}^m x_i} - \text{цена проигрыша}$$

$$P_i = \frac{x_i}{\sum_{i=1}^m x_i} - \text{вероятность проигрыша}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1,67x_1 + 4,5x_2 + 2,25x_3 \geq 1 \\ 2,12x_1 + 0,0x_2 + 2,00x_3 \geq 1 \\ 1,74x_1 + 0,7x_2 + 1,68x_3 \geq 1 \end{array} \right. , \text{ где } \gamma = \frac{1}{\sum_{i=1}^m x_i} - \text{цена проигрыша}$$

$$\text{при } F(\bar{X}) = x_1 + x_2 + x_3 \rightarrow \min \quad P_i = \frac{x_i}{\sum_{i=1}^m x_i} - \text{вероятность проигрыша}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^n a_{ij}y_j \leq 1 \quad (i = 1, 2 \dots m) \\ \text{при } F(\bar{Y}) = \sum_{j=1}^n y_j \rightarrow \max \end{array} \right. , \text{ где } \gamma = \frac{1}{\sum_{j=1}^n y_j} - \text{цена выигрыша}$$

$$Q_j = \frac{y_j}{\sum_{j=1}^n y_j} - \text{вероятность выигрыша}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1,67y_1 + 2,12y_2 + 1,74y_3 \leq 1 \\ 4,50y_1 + 0,00y_2 + 0,70y_3 \leq 1 \\ 2,25y_1 + 2,00y_2 + 1,68y_3 \leq 1 \end{array} \right. , \text{ где } \gamma = \frac{1}{\sum_{j=1}^n y_j} - \text{цена выигрыша}$$

$$\text{при } F(\bar{X}) = y_1 + y_2 + y_3 \rightarrow \max \quad Q_j = \frac{y_j}{\sum_{j=1}^n y_j} - \text{вероятность выигрыша}$$

# Решение

	B1	B2	B3
A1	1,67	2,12	1,74
A2	4,5	0	0,7
A3	2,25	2	1,675

$$\begin{cases} 1,67y_1 + 2,12y_2 + 1,74y_3 \leq 1 \\ 4,50y_1 + 0,00y_2 + 0,70y_3 \leq 1 \\ 2,25y_1 + 2,00y_2 + 1,68y_3 \leq 1 \end{cases}$$

при  $F(\bar{X}) = y_1 + y_2 + y_3 \rightarrow \max$

	БП	ЗБП	y1	y2	y3	p1	p2	p3	min
1	p1	1	1,67	2,12	1,74	1	0	0	0,598802
	p2	1	4,5	0	0,7	0	1	0	0,222222
	p3	1	2,25	2	1,675	0	0	1	0,444444
	F(y)	0	-1	-1	-1	0	0	0	
2	p1	0,628888889	0	2,12	1,480222	1	-0,37111	0	0,296646
	y1	0,222222222	1	0	0,155556	0	0,222222	0	
	p3	0,5	0	2	1,325	0	-0,5	1	0,25
	F(y)	0,222222222	0	-1	-0,84444	0	0,222222	0	
3	p1	0,098888889	0	0	0,075722	1	0,158889	-1,06	1,305943
	y1	0,222222222	1	0	0,155556	0	0,222222	0	1,428571
	y2	0,25	0	1	0,6625	0	-0,25	0,5	0,377358
	F(y)	0,472222222	0	0	-0,18194	0	-0,02778	0,5	
4	p1	0,070314465	0	-0,1143	0	1	0,187463	-1,11715	0,375084
	y1	0,163522013	1	-0,2348	0	0	0,280922	-0,1174	0,58209
	y3	0,377358491	0	1,509434	1	0	-0,37736	0,754717	-1
	F(y)	0,540880503	0	0,274633	0	0	-0,09644	0,637317	
5	p2	0,375083874	0	-0,60971	0	5,334377	1	-5,95929	
	y1	0,058152539	1	-0,06352	0	-1,49855	0	1,556699	
	y3	0,518899575	0	1,279356	1	2,012972	0	-1,49407	
	F(y)	0,577052114	0	0,215835	0	0,514426	0	0,062626	
						x1	x2	x3	

## Выводы

### Для игрока В

План	y1	y2	y3
	0,06	0,00	0,52
Вероятность	Q1	Q2	Q3
	0,10	0,00	0,90
Выигрыш д. е.	<b>1,73</b>		
Частота пользования стратегией	V1-> 36 дней	V2-> 0 дней	V3-> 329 дней

$$\begin{cases} 1,67y_1 + 2,12y_2 + 1,74y_3 \leq 1 \\ 4,50y_1 + 0,00y_2 + 0,70y_3 \leq 1 \\ 2,25y_1 + 2,00y_2 + 1,68y_3 \leq 1 \end{cases}, \text{ где } \gamma = \frac{1}{\sum_{j=1}^n y_j} - \text{цена выигрыша}$$

при  $F(\bar{X}) = y_1 + y_2 + y_3 \rightarrow \max$   $Q_j = \frac{y_j}{\sum_{i=1}^m y_j} - \text{вероятность выигрыша}$

### Для игрока А

План	x1	x2	x3
	0,51	0,00	0,06
Вероятность	P1	P2	P3
	0,89	0,00	0,11
Проигрыш д. е.	<b>1,73</b>		
Частота пользования стратегией	A1-> 325 дней	A2-> 0 дней	A3->40 дней

$$\begin{cases} 1,67x_1 + 4,5x_2 + 2,25x_3 \geq 1 \\ 2,12x_1 + 0,0x_2 + 2,00x_3 \geq 1 \\ 1,74x_1 + 0,7x_2 + 1,68x_3 \geq 1 \end{cases}, \text{ где } \gamma = \frac{1}{\sum_{i=1}^m x_i} - \text{цена проигрыша}$$

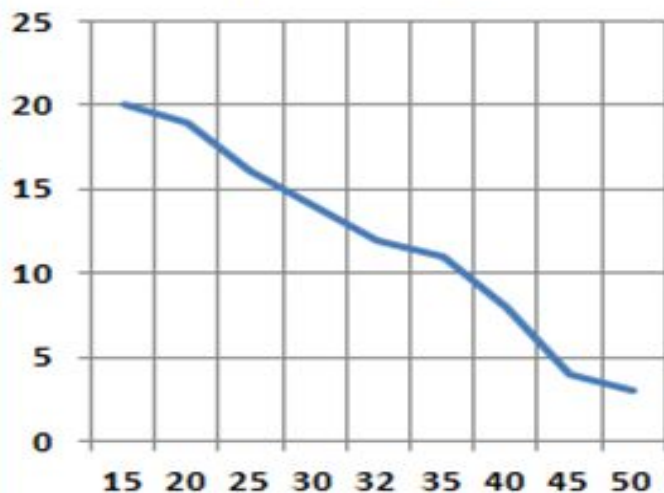
при  $F(\bar{X}) = x_1 + x_2 + x_3 \rightarrow \min$   $P_i = \frac{x_i}{\sum_{i=1}^m x_i} - \text{вероятность проигрыша}$



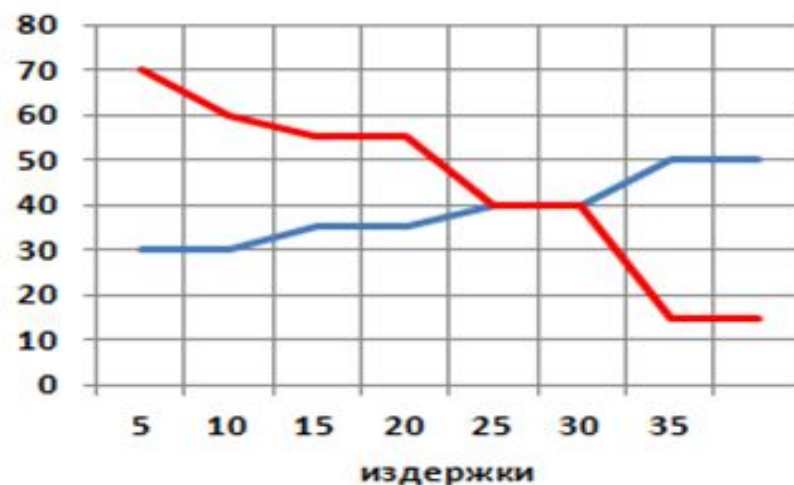
# Полевые методы изучения рынка

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	40		№	Цена C <sub>i</sub>	Частота N <sub>i</sub>	Спрос S(C <sub>i</sub> )	Прибыль при издержках l <sub>i</sub> (D <sub>i</sub> =[C <sub>i</sub> -l <sub>i</sub> ]*S <sub>i</sub> )							
2	25						5	10	15	20	25	30	35	40
3	30		1	15	1	20	200	100	0	0	0	0	0	0
4	50		2	20	3	19	285	190	95	0	0	0	0	0
5	35		3	25	2	16	320	240	160	80	0	0	0	0
6	20		4	30	2	14	350	280	210	140	70	0	0	0
7	50		5	32	1	12	324	264	204	144	84	24	0	0
8	32		6	35	3	11	330	275	220	165	110	55	0	0
9	15		7	40	4	8	280	240	200	160	120	80	40	0
10	40		8	45	1	4	160	140	120	100	80	60	40	20
11	20		9	50	3	3	135	120	105	90	75	60	45	30
12	40		<i>Максимальная прибыль</i>				350	280	220	165	120	80	45	30
13	45		<i>Оптимальная цена</i>				30	30	35	35	40	40	50	50
14	30		<i>Оптимальная партия (шт)</i>				14	12	11	11	8	8	3	3
15	50		<i>Оптимальная партия (%)</i>				70	60	55	55	40	40	15	15

## Зависимость спроса от цены товара



## Зависимость оптимальной цены и размера партии от издержек





# Полевые методы изучения рынка

	A	B	C	D	E	F	Прибыль при издержках li ( $Di=[Ci-li]*Si$ )							
			№	Цена $Ci$	Частота $Ni$	Спрос $S(Ci)$	5	10	15	20	25	30	35	40
1	40													
2	25													
3	30		1	15	1	20	200	100	0	0	0	0	0	0
4	50		2	20	3	19	285	190	95	0	0	0	0	0
5	35		3	25	2	16	320	240	160	80	0	0	0	0
6	20		4	30	2	14	350	280	210	140	70	0	0	0
7	50		5	32	1	12	324	264	204	144	84	24	0	0
8	32		6	35	3	11	330	275	220	165	110	55	0	0
9	15		7	40	4	8	280	240	200	160	120	80	40	0
10	40		8	45	1	4	160	140	120	100	80	60	40	20
11	20		9	50	3	3	135	120	105	90	75	60	45	30
12	40		Максимальная прибыль				350	280	220	165	120	80	45	30
13	45		Оптимальная цена				30	30	35	35	40	40	50	50
14	30		Оптимальная партия (шт)				14	11	11	8	8	3	3	
15	50		Оптимальная партия (%)				70	60	55	55	40	40	15	15



## Задание № 1.

Результаты наблюдения за потоком покупателей в магазине в течение 8 дней работы и проведения регистрации количества покупателей в течение каждого часа работы представлены в таблице

Определить интенсивность входящего потока покупателей за час работы магазина и, используя критерий Пирсона с уровнем значимости 0,05, и обосновать предположение, что поток описывается пуассоновским законом распределения

<i>Дни\часы</i>	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	1	3	7	3	6	2	3
2	3	2	3	4	5	5	3	2
3	4	3	4	3	8	3	4	3
4	1	2	2	4	3	4	2	4
5	2	4	2	3	4	3	5	2
6	3	2	3	2	7	2	3	3
7	1	3	4	3	4	6	4	4
8	4	4	4	5	9	3	4	4

## **Задание № 2.**

Определить ТЭХ туристического агентства, имеющего 4-е телефонных номера для приема заявок на проведение туров при условии, что заявки на переговоры поступают с интенсивностью 60 заявок в час, а интенсивность обслуживания одного канала составляет 20 заявок в час, полагая что каждый 6 звонок приводит к заключению договора, приносящего доход 2500 рублей

## **Задание 3.**

На автоматическую мойку в среднем за час приезжают 10 автомобилей, но если в очереди уже находятся 3 автомобиля, вновь подъезжающие клиенты, как правило, не встают в очередь, а проезжают мимо. Интенсивность обслуживания автомобиля на одном рабочем месте 2 автомобиля за 1 час, а мест для мойки всего два. Средняя стоимость мойки автомобиля составляет 550 руб. Требуется определить ТЭХ автоматической мойки

#### Задача №4

В Индустриальном районе г. Перми планируется строительство овощехранилища. Имеются три возможных проекта создания такого хранилища площадью  $S_1 = 200$  кв. м,  $S_2 = 300$  кв. м и  $S_3 = 400$  кв. м.

В зависимости от эффективности использования выделенных площадей рассчитаны варианты ежегодного дохода (*тыс. руб.*), которые представлены в виде платежной матрицы

$S_i$	Доход от занимаемой площади			
	100	200	300	400
$S_1 = 200 \text{ м}^2$	130	350	350	350
$S_2 = 300 \text{ м}^2$	60	410	520	520
$S_3 = 400 \text{ м}^2$	-140	290	560	670

Используя критерии Вальда, Лапласа, Гурвица ( $c=0,4$ ) и Сэвиджа определить наиболее целесообразный вариант строительства овощехранилища.

## Задача №2

. У предприятия есть три альтернативы будущей инновационной политики:

- инновационно активная;
- инновационно пассивная;
- компромиссная.

В перспективе возможны следующие сценарии развития внешней среды:

- рост покупательной способности населения и иностранной конкуренции (C<sub>1</sub>);
- неизменная покупательная способность и конкурентная ситуация (C<sub>2</sub>);
- снижение покупательной способности вследствие роста инфляции (C<sub>3</sub>).

Экспертным путем получен прогноз прибыльности применения различных типов инновационной политики предприятия (таблица).

*Таблица*

Прогноз прибыльности использования инновационной политики предприятия при различных сценариях развития рынка, усл. ед.

Политика	Сценарии		
	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>
<u>Инновационно активная</u>	81	82	83
<u>Инновационно пассивная</u>	83	81	81
Компромиссная	81	83	81

Применив теорию игр, найти

1. План игры, частоту использования в течение года соответствующей политики предприятия
2. Величину проигрыша из-за неопределенности сценариев развития внешней среды
3. Процент соответствия развития внешней среды тому или иному сценарию